

Apoio à decisão na análise técnica de empreendimentos: aplicação ao caso da seleção da localização de um novo aeroporto

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor
Francisco Sousa Torres

Orientadores
Professor Doutor Eduardo Natividade
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
Professor Doutor João Coutinho
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Coimbra, Dezembro, 2013

“Nada é mais difícil, e por isso mais precioso, do que ser capaz de decidir.”

Napoleão Bonaparte

Agradecimentos

A realização deste trabalho, com todas as dificuldades associadas, só foi possível com a ajuda e apoio ímpar de várias pessoas a quem pretendo expressar o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Eduardo Natividade, Professor do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), meu orientador, que desde logo aceitou a orientação deste trabalho, pela orientação científica, pelos ensinamentos conhecimentos transmitidos, pelo incentivo constante, pela disponibilidade e dedicação, e, especialmente, pela sua amizade, aqui lhe presto os meus sinceros e reconhecidos agradecimentos.

O meu agradecimento ao Professor Doutor João Coutinho, Professor do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), a quem coube a coorientação desta tese, pela cordialidade com que me recebeu, pelo rigor científico e pelo apoio dado na revisão crítica desta dissertação.

A todos os meus colegas e amigos devo um agradecimento, pois mesmo que indiretamente, contribuíram com a boa disposição, incentivo ou, tão simplesmente, com a companhia.

Um muito e especial agradecimento para a Rute, que durante as várias etapas desta dissertação esteve sempre com grande paciência, pelos constantes incentivos, pelas horas “roubadas”, por toda a ajuda na correção deste trabalho, por estar sempre comigo, por tudo.

Finalmente, mas não menos importante, expresso o meu enorme agradecimento à minha família, em especial aos meus pais pelo modo como educaram, pelos esforços que fizeram e por todo o apoio e ajuda dada para chegar até aqui. Não esquecendo os meus irmãos, também o meu enorme agradecimento por toda ajuda, incentivo e paciência que em muitos momentos tiveram que ter comigo.

Resumo

A localização do novo Aeroporto de Lisboa foi durante décadas, alvo de diversos estudos de forma a obter a melhor viabilidade. Em 2005, num seminário promovido pelo Novo Aeroporto, S.A. (NAER), foram apresentados vários estudos sobre a viabilidade da manutenção do aeroporto da Portela através da sua possível expansão ou da sua utilização em simultâneo com outro aeroporto da zona de Lisboa. Os estudos apresentados revelaram a inviabilidade da expansão do aeroporto da Portela e que as soluções baseadas nos aeroportos do Montijo e de Alverca não tinham vantagens e não permitiam o prolongamento da vida útil do aeroporto da Portela. Em 2007, o XVII Governo Constitucional decidiu mandar o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), para elaborar um estudo que procedesse a uma análise técnica comparada das alternativas de localização do Novo Aeroporto de Lisboa (NAL), na zona da Ota e na Zona do Campo de Tiro de Alcochete (CTA). O estudo realizado pelo LNEC identificou o conjunto de atributos, sustentados em estudos técnicos, para avaliação da localização do NAL. Neste estudo, não foi utilizada nenhuma das metodologias de apoio à decisão amplamente referenciadas na bibliografia científica. Assim, pareceu-nos interessante, efetuar uma análise das referidas alternativas suportadas na utilização de MAD e, também, uma análise mais detalhada e exaustiva dos atributos de decisão.

Assim, foram aplicados três métodos, o método da soma ponderada (MSP), o método de TOPSIS e o método de ELECTRE I, combinados com várias hipóteses de distribuição de pesos pelos atributos.

Conclui-se que a localização do NAL na zona do CTA torna-se mais favorável comparativamente com a zona da Ota. Esta conclusão apoia-se essencialmente na constante tendência de melhores classificações da localização do CTA nos três métodos aplicados e na maioria das hipóteses de distribuição de pesos.

Palavras-chave: Aeroporto, Apoio à decisão, Múltiplos critérios, ELECTRE, TOPSIS, MSP, Localização, Decisão.

Abstract

The location of the new Lisbon Airport has been for decades, the subject of several studies in order to obtain the best viability. In 2005, a seminar organized by the Novo Aeroporto, SA (NAER), several studies on the viability of maintaining the Portela Airport through its possible expansion or simultaneous use with other airport in the Lisbon area were presented. The studies presented showed the impossibility of expanding the airport Portela and that solutions based at airports Montijo and Alverca had no benefits and did not allow the extension of the useful life of Portela Airport. In 2007, the XVII Constitutional Government decided to mandate the National Laboratory of Civil Engineering (LNEC), to conduct a study to undertake a comparative analysis of technical alternatives for location of the New Lisbon Airport (NAL) in the Ota area and zone Campo de Tiro de Alcochete (CTA). The study conducted by LNEC identified the set of attributes, supported by technical studies to evaluate the location of the NAL. In this study, it was not used any of the decision support methodologies widely referenced in scientific literature. Thus, it seemed interesting, perform an analysis of these alternative methods supported in the use of decision support (MAD) and also a more detailed and exhaustive analysis of the decision attributes.

Thus were applied three methods, the method of the weighted sum, the method of TOPSIS and the method of ELECTRE I, combined with various assumptions weight distribution of the attributes.

We conclude that the location of the NAL in the CTA area becomes more favorable compared to the area of Ota. This conclusion is based primarily on the continuing trend of improved ratings on the location of CTA in the three methods applied and in most cases the weight distribution.

Keywords: Airport, Multicriteria, Decision Aid, ELECTRE, TOPSIS, MSP, Location, Decisions.

Índice

Capítulo 1 – Introdução.....	2
1.1 Influência dos transportes nas cidades ao longo da história.....	3
1.2 As grandes tendências da economia mundial e da globalização	4
1.3 Portugal e a região de Lisboa no contexto mundial, europeu, ibérico e nacional	5
1.4 As grandes tendências de evolução do transporte aéreo e dos aeroportos	6
1.5 O aeroporto de Lisboa – Portela.....	10
1.6 Qual a melhor localização para o Novo Aeroporto de Lisboa?.....	10
1.7 Métodos de Apoio à Decisão	17
1.7.1 Critérios.....	18
1.7.1.1 Atributos.....	18
1.7.1.2 Objetivos	18
1.7.2 Escalas.....	18
1.7.3 Sentido de preferência.....	19
1.7.4 Normalização	19
1.8 Metodologias aplicadas.....	20
1.8.1 Método da Soma Ponderada.....	20
1.8.2 TOPSIS	21
1.8.3 ELECTRE I.....	23
1.8.4 Software utilizado	28
Capítulo 2 – Atributos caracterizadores da localização de um novo aeroporto	31
2.1 Segurança, eficiência e capacidade das operações do tráfego aéreo	31
2.1.1 Avaliação das condições meteorológicas e climáticas	32
2.1.1.1 Visibilidade reduzida	32
2.1.1.2 Nuvens baixas	33
2.1.1.3 Visibilidade reduzida e nuvens baixas	33
2.1.1.4 Vento.....	34
2.1.1.5 Instabilidade e turbulência	34
2.1.1.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para as condições meteorológicas e climáticas	34
2.1.2 Avaliação do risco potencial de colisão com aves	35
2.1.2.1 Quantidade e frequência de movimentos de aves	35
2.1.2.1.1 Quantidade de espécies observadas	35
2.1.2.1.2 Frequência de movimento de aves.....	35
2.1.2.2 Composição específica.....	35

2.1.2.3 Movimentos potencialmente perigosos.....	35
2.1.2.4 Avaliação dos riscos de colisão.....	36
2.1.2.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a avaliação dos riscos de colisão com aves.....	36
2.1.3 Análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadores – capítulo 4 do anexo 14 à Convenção da ICAO.....	37
2.1.3.1 Penetração de obstáculos nas superfícies limitadores	37
2.1.3.2 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadores	37
2.1.4 Eficiência operacional e capacidade.....	38
2.1.4.1 Procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada.....	38
2.1.4.2 Procedimentos de partida	38
2.1.4.2.1 Voltas de 15°	38
2.1.4.2.2 Voltas de 45°	39
2.1.4.3 Modos de operação das pistas	39
2.1.4.4 Capacidade teórica do sistema de pistas	40
2.1.4.5 Capacidade do espaço aéreo.....	40
2.1.4.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a eficiência operacional e capacidade.....	41
2.2 Sustentabilidade dos recursos naturais e riscos	41
2.2.1 Águas superficiais	41
2.2.1.1 Área afetada da bacia hidrográfica.....	41
2.2.1.2 Extensões das linhas de água afetadas	42
2.2.1.3 Regime de cheias.....	42
2.2.1.4 Fatores que potenciam a erosão hídrica do solo.....	42
2.2.1.5 Fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica	43
2.2.1.6 Usos e qualidade da água da bacia hidrográfica.....	43
2.2.1.7 Oportunidades e riscos	44
2.2.1.7.1 Oportunidades.....	45
2.2.1.7.2 Riscos.....	45
2.2.1.8 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de águas superficiais	45
2.2.2 Águas subterrâneas.....	46
2.2.2.1 Disponibilidade de águas subterrâneas para abastecimento ao aeroporto.....	46
2.2.2.2 Recarga de águas subterrâneas.....	47
2.2.2.3 Áreas de proteção de águas subterrâneas	47
2.2.2.4 Risco de poluição das águas subterrâneas.....	47
2.2.2.5 Oportunidades e riscos	48
2.2.2.5.1 Oportunidades.....	48
2.2.2.5.2 Riscos.....	48

2.2.2.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de águas subterrâneas.....	48
2.2.3 Geotecnia.....	49
2.2.3.1 Caracterização geotécnica do local de implantação condiciona inerente.....	50
2.2.3.2 Volume e condições de escavação	50
2.2.3.2.1 Volume.....	50
2.2.3.1.2 Condições de escavação.....	50
2.2.3.2 Condições de reutilização dos materiais escavados	51
2.2.3.3 Volume e condições de execução dos aterros	51
2.2.3.3.1 Volume.....	51
2.2.3.3.2 Condições de execução dos aterros.....	51
2.2.3.4 Tratamentos de solos.....	52
2.2.3.5 Gestão dos materiais para a execução da plataforma	52
2.2.3.6 Movimentos de terras	53
2.2.3.7 Prazos de execução	53
2.2.3.8 Estimativa orçamental.....	53
2.2.3.9 Oportunidades e riscos	53
2.2.3.9.1 Oportunidades.....	54
2.2.3.9.2 Riscos.....	54
2.2.3.10 Classificações de análise para os locais Ota/CTA, para os atributos de geotecnia	54
2.2.4. Risco sísmico associado ao NAL	55
2.2.4.1 Casualidade sísmica	55
2.2.4.2 Efeitos locais	56
2.2.4.3 Plausibilidade de ocorrência de liquefação	56
2.2.4.4 Riscos	57
2.2.4.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de geotecnia.....	57
2.2.5. Risco de afetação do ruído	57
2.2.5.1 Avaliação comparada	58
2.3 Conservação da natureza e biodiversidade.....	58
2.3.1 Sistema nacional de áreas classificadas.....	59
2.3.2 Estrutura ecológica regional	59
2.3.3 Ocupação do solo	59
2.3.4 Habitats naturais.....	60
2.3.5 Flora	60
2.3.6 Fauna	60
2.3.6.1 Concentração de aves aquáticas	60
2.3.6.2 Movimentos de aves.....	61
2.3.6.3 Morcegos.....	62

2.3.6.4 Espécies de conservação prioritária	62
2.3.7 Oportunidades e riscos	62
2.3.7.1 Oportunidades	62
2.3.7.2 Riscos	63
2.3.8 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de conservação de biodiversidade	63
2.4 Sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	65
2.4.1 Custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades	65
2.4.2 Tempo gasto pelos passageiros	66
2.4.3 Problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários a Lisboa	66
2.4.4 Oportunidades e riscos	66
2.4.4.1 Oportunidades	67
2.4.4.2 Riscos	67
2.4.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	68
2.5 Ordenamento do território e desenvolvimento regional	69
2.5.1 Situação existente e avaliação de tendências	69
2.5.2 Oportunidades e riscos	70
2.5.2.1 Oportunidades	70
2.5.2.2.1 Dinâmica demográfica	70
2.5.2.2.2 Ocupação e uso do solo	71
2.5.2.2.3 Dinâmica Económica e Empresarial	71
2.5.2.2.4 Dinâmica urbana	72
2.5.2.3 Riscos	73
2.5.2.3.1 Dinâmica Demográfica	73
2.5.2.3.2 Ocupação e Uso do Solo	73
2.5.2.3.3 Dinâmica económica e empresarial	73
2.5.2.3.4 Dinâmica Urbana	73
2.5.3 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de ordenamento do território e desenvolvimento regional	74
2.6 Competitividade e desenvolvimento económico e social	75
2.6.1 Os impactos económicos e sociais expectáveis do NAL	76
2.6.2 As áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL	76
2.6.3 Oportunidades e riscos	77
2.6.3.1 Oportunidades	77
2.6.3.2 Riscos	78
2.6.4 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de competitividade e desenvolvimento económico e social	79

2.7 Custos	80
2.7.1 Custos de investimento.....	80
2.7.2 Custos variáveis internos.....	81
2.7.3 Custos variáveis externos	81
2.7.4 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos.....	81
Capítulo 3 – Resultados	83
3.1 Normalização	83
3.2. Pesos considerados.....	87
3.3 Aplicação das metodologias.....	89
3.3.1 Aplicação do MSP e TOPSIS.....	89
3.3.1.1 Hipótese 1 – Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 3	89
3.3.1.2 Hipótese 2 – Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 1	91
3.3.1.3 Hipótese 3 – Atribuindo maior peso aos fatores de operacionalidade e acessibilidade (nível 1).....	92
3.3.1.4 Hipótese 4 – Atribuindo maior peso aos recursos ambientais.....	94
3.3.1.5 Hipótese 5 – Atribuindo maior peso aos aspetos económicos e financeiros	95
3.3.1.6 Hipótese 6 – Atribuindo maior peso aos aspetos de desenvolvimento	97
3.3.1.7 Resumo dos resultados obtidos pelo MSP e TOPSIS	98
3.3.1.8 Comparação dos resultados do MSP com TOPSIS.....	100
3.3.2 ELECTRE I.....	102
3.3.2.1 ELECRI I – Com valores limiares correspondentes aos índices médios	102
3.3.2.2 ELECTRE I – Aumentando o grau de discriminação por parte do AD	104
3.3.2.3 ELECTRE I – Diminuindo o grau de discriminação por parte do AD	105
Capítulo 4 – Conclusões.....	107
4.1 Conclusões do trabalho desenvolvido	107
4.2 Futuros desenvolvimentos.....	108
Bibliografia	109

Índice de figuras

Figura 1 – Portugal e Lisboa no centro do Mundo.....	5
Figura 2 - Índice Desenvolvimento Regional - Portugal = 100	6
Figura 3 - Tendências de tráfego aéreo mundial até 2032	7
Figura 4 – Fluxos de aviação mundial – observação de hubs	7
Figura 5 – Principais núcleos de sedes de empresas	9
Figura 6 - Localizações dos estudos para o NAL – Ota vs CTA	12
Figura 7 – Exemplo de grafo obtido para avaliando quatro alternativas.....	28
Figura 8 – Software iKreation.....	29
Figura 9 - Comparação da população exposta para o ano 2050.....	58
Figura 10 – Pesos atribuídos para as hipóteses de nível 1.....	89
Figura 11 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 1 reunindo todas as alternativas	90
Figura 12 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 1 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	90
Figura 13 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 1 reunindo todas as alternativas	90
Figura 14 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 1 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	90
Figura 15 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 2 reunindo todas as alternativas	91
Figura 16 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 2 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	91
Figura 17 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 2 reunindo todas as alternativas	92
Figura 18 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 2 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	92
Figura 19 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 3 reunindo todas as alternativas	93
Figura 20 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 3 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	93
Figura 21 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 3 reunindo todas as alternativas	93
Figura 22 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 3 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	93

Figura 23 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 4 reunindo todas as alternativas	94
Figura 24 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 4 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	94
Figura 25 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 4 reunindo todas as alternativas	95
Figura 26 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 4 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	95
Figura 27 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 5 reunindo todas as alternativas	96
Figura 28 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 5 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	96
Figura 29 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 5 reunindo todas as alternativas	96
Figura 30 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 5 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	96
Figura 31 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 6 reunindo todas as alternativas	97
Figura 32 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 6 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	97
Figura 33 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 6 reunindo todas as alternativas	98
Figura 34 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 6 agrupando as alternativas por ano de projeto igual.....	98
Figura 35 – Resumo dos resultados obtidos pelo MSP reunindo todas as alternativas.....	98
Figura 36 – Resumo dos resultados obtidos pelo MSP desagrupando as alternativas	99
Figura 37 – Resumo dos resultados obtidos pelo TOPSIS reunindo todas as alternativas	99
Figura 38 – Resumo dos resultados obtidos pelo TOPSIS desagrupando as alternativas	100
Figura 39 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I nas hipóteses 2, 3, 4 e 6 considerando os valores limiares os índices médios	103
Figura 40 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na hipótese 5 considerando os valores limiares os índices médios.....	103
Figura 41 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na nas hipóteses 2, 3 e 5,considerando os valores limiares aumentando o grau de discriminação do AD	104
Figura 42 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I nas hipóteses 4 e 6, considerando os valores limiares aumentando o grau de discriminação do AD	104

Figura 43 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na nas hipóteses 2, 3, 4, 5 e 6, considerando os valores limiares diminuindo o grau de discriminação do AD 105

Índice de quadros

Quadro 1 – Resumo dos atributos considerados para a avaliação da localização do NAL.....	13
Quadro 2 – Resumo dos resultados da análise comparada dos locais CTA e OTA para parâmetros meteorológicos (retirado do LNEC, 2008).....	32
Quadro 3 – Parâmetros de avaliação associado à visibilidade reduzida	32
Quadro 4 - Parâmetros de avaliação associado à presença de nuvens baixas	33
Quadro 5 – Parâmetros de avaliação associado à presença de visibilidade reduzida e nuvens baixas	33
Quadro 6 - Parâmetros de avaliação relativo aos critérios ICAO	34
Quadro 7 - Parâmetros de avaliação de ocorrência de instabilidade e turbulência	34
Quadro 8 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, dos parâmetros meteorológicos	35
Quadro 9 - Parâmetros de avaliação associados aos movimentos potencialmente perigosos das aves.....	35
Quadro 10 - Parâmetros de avaliação associados à avaliação dos riscos de colisão	36
Quadro 11 - Resumo das classificações, para os locais Ota e CTA, do risco potencial e colisão de aves.....	36
Quadro 12 - Parâmetros de avaliação associados á análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadores.....	37
Quadro 13 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para a análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadores	38
Quadro 14 - Parâmetros de avaliação associados aos procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada	38
Quadro 15 - Parâmetros de avaliação associados aos procedimentos de partida	39
Quadro 16 - Parâmetros de avaliação relativo aos modos de operação das pistas	40
Quadro 17 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, da eficiência operacional e capacidade.....	41
Quadro 18 - Parâmetros de avaliação relativo aos fatores que potenciam a erosão hídrica do solo	42
Quadro 19 - Parâmetros de avaliação relativo às fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica	43

Quadro 20 - Parâmetros de avaliação relativo ao uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas.....	43
Quadro 21 - Oportunidades e riscos para a localização da Ota e para a localização do CTA, em relação ao escoamento dos caudais de cheias	44
Quadro 22 - Parâmetros de avaliação classificativa associado às oportunidades.....	44
Quadro 23 - Parâmetros de avaliação classificativa associado aos riscos.....	45
Quadro 24 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para as águas superficiais ..	45
Quadro 25 - Parâmetros de avaliação relativo ao uso e qualidade da água para consumo humano	46
Quadro 26 - Caracterização da interferência com as áreas de proteção de águas subterrâneas ..	47
Quadro 27 - Oportunidades e riscos para a localização da Ota e para a localização do CTA, associado às águas subterrâneas.....	48
Quadro 28 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para as águas subterrâneas.	49
Quadro 29 - Síntese dos indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma.....	49
Quadro 30 - Parâmetros de avaliação associados à caracterização geotécnica do local de implantação condiciona inerente.....	50
Quadro 31 - Parâmetros de avaliação associado às condições de escavação	51
Quadro 32 - Parâmetros de avaliação associado às condições de reutilização dos materiais escavados.....	51
Quadro 33 - Parâmetros de avaliação associado às condições de execução dos aterros	52
Quadro 34 - Parâmetros de avaliação relativo aos tratamentos de solos.....	52
Quadro 35 - Parâmetros de avaliação associados à gestão dos materiais para a execução da plataforma	53
Quadro 36 - Parâmetros de avaliação relativos aos movimentos de terras	53
Quadro 37 - Enquadramento de oportunidades e riscos para a Ota e para o CTA, em relação à preparação dos terrenos para a construção da plataforma.....	54
Quadro 38 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes aos indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma	54
Quadro 39 - Parâmetros de avaliação relativos à casualidade sísmica.....	56
Quadro 40 - Parâmetros de avaliação relativos à plausibilidade de ocorrência de liquefação....	56
Quadro 41 - Enquadramento dos riscos para a Ota e para o CTA, em relação ao risco sísmico	57
Quadro 42 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes ao risco sísmico ...	57
Quadro 43 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referente a afetação de ruído	58
Quadro 44 - Parâmetros de avaliação relativos à estrutura ecológica regional	59
Quadro 45 - Parâmetros de avaliação relativos ao efeito da implantação do NAL com a flora..	60

Quadro 46 - Parâmetros de avaliação relativos à concentração de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões	61
Quadro 47 - Parâmetros de avaliação relativos aos movimentos de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões	61
Quadro 48 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade.....	62
Quadro 49 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade	63
Quadro 50 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes à conservação da natureza e biodiversidade	64
Quadro 51 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	67
Quadro 52 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	67
Quadro 53 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, relativo aos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	68
Quadro 54 - Resumo dos resultados da análise da avaliação estratégica dos locais CTA e Ota para os parâmetros dinâmica demográfica, ocupação do solo, dinâmica urbana e dinâmica económica e empresarial	69
Quadro 55 - Resumo das classificações de para os locais Ota/CTA, para o ordenamento do território e desenvolvimento regional	74
Quadro 56 - Resumo dos resultados da análise das áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL	76
Quadro 57 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social	77
Quadro 58 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social.....	78
Quadro 59 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, para a competitividade e desenvolvimento económico e social.....	79
Quadro 60 - Valor atualizado dos custos variáveis externos para o NAL na Ota e no CTA	81
Quadro 61 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, relativos ao Custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos	81
Quadro 62 – Normalização dos atributos (nível 3) relativos localizações em estudo.....	83
Quadro 63 – Atributos normalizados correspondentes a X1.1 e respetivos pesos atribuídos para posterior aplicação do MSP.....	86
Quadro 64 – Aplicação do MSP em X1.1	86
Quadro 65 – Normalização do nível 1 e nível 2 das alternativas em estudo.....	87

Quadro 66 – Metodologia aplicada em cada hipótese.....	88
Quadro 67 – Pesos atribuídos para as hipóteses de nível 1	88
Quadro 68 – Ranking - MSP - Hipótese 1	90
Quadro 69 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 1	90
Quadro 70 – Ranking - MSP - Hipótese 2	91
Quadro 71 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 2	92
Quadro 72 – Ranking - MSP - Hipótese 3	93
Quadro 73 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 3	93
Quadro 74 – Ranking - MSP – Hipótese 4.....	94
Quadro 75 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 4	95
Quadro 76 – Ranking - MSP - Hipótese 5	96
Quadro 77 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 5	96
Quadro 78 – Ranking - MSP - Hipótese 6	97
Quadro 79 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 6	98
Quadro 80 – Resumo do ranking dos resultados obtidos pelo MSP e pelo método de TOPSIS	101
Quadro 81 – Valores de limiares adotados para resolução do método de ELECTRE I.....	102
Quadro 82 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3, 4 e 6	103
Quadro 83 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 5	103
Quadro 84 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3 e 5	104
Quadro 85 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 4 e 6	104
Quadro 86 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3, 4, 5 e 6	105

Simbologia e abreviaturas

AD – Agente decisão

ALS – Aeroporto de Lisboa

AML – Área Metropolitana de Lisboa

ANA – Aeroportos de Portugal, S.A.

CAIA – Comissão de Avaliação de Impacte Ambiental

CIP – Confederação da Indústria Portuguesa

CTA – Campo de Tiro de Alcochete

EC8 – Eurocódigo 8

EPIA – Estudo Preliminar de Impacte Ambiental

ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realité

EU – União Europeia

EUA – Estados Unidos da América

FAP – Força Aérea Portuguesa

FCAO – International Civil Aviation Organization

FCD – Fator Crítico de Decisão

GNAL – Gabinete do Novo Aeroporto de Lisboa

ICNB – Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, I.P.

IDAD – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAD – Métodos de apoio à decisão

MDN – Ministério da Defesa Nacional

MSP – Método da Soma Ponderada

NAER – Novo Aeroporto, S.A.

NAL – Novo Aeroporto de Lisboa

OMC – Organização Mundial do Comércio

PBHT – Plano da Bacia Hidrográfica do rio Tejo

PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território

PNPOT – Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território

PROTAML – Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa

SIC – Sítio de Importância Comunitária

SNAC – Sistema Nacional de Áreas Classificadas

TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

TTT – Terceira Travessia do Tejo

WTA – World Travel Awards

ZPE – Zona de Proteção Especial

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 1 – Introdução

Na vida real são muitas as situações onde se colocam questões relacionadas com a necessidade de se fazer a avaliação de um conjunto de soluções alternativas analisadas, segundo um conjunto de vários fatores (critérios) (COMMUNITIES, 2009). De facto, a atividade de decidir está presente em todas as funções de gestão como planear, organizar, controlar ou liderar, no entanto, muitas destas decisões ainda se apoiam, apenas, em experiências vividas, no bom senso e até mesmo pela intuição do agente de decisão (AD). Parece consensual, a necessidade de recorrer a metodologias científicas para apoiar a tomada de decisão, nomeadamente para problemas mais complexos e/ou de maior dimensão.

Podemos definir métodos de apoio à decisão (MAD) como o conjunto de técnicas que permitem guiar e dar coerência a um processo de decisão, nunca suprimindo a ação e livre vontade do agente decisão (AD). Estes métodos têm como objetivo identificar, para um problema real representado através de um modelo abstrato, uma ou várias soluções que se destacam de acordo com um subconjunto das suas características (COMMUNITIES, 2009).

Na generalidade dos problemas reais, as alternativas são geralmente conflituosas e não existe uma objetivamente melhor. Mais, existem vários critérios a considerar na sua avaliação, também eles, na maioria das vezes em conflito entre si, expressos em unidades incomensuráveis, não podendo por isso, ser expressos de forma adequada através de uma medida única. Os MAD procuram resolver algumas destas dificuldades, constituindo um suporte à reflexão, à negociação e à criatividade (COMMUNITIES, 2009).

As decisões sobre a implementação de grandes empreendimentos, pela sua dimensão, não só económica, mas também, pública e política, deverão por isso, socorrer-se das mais avançadas metodologias de apoio à decisão já que proporcionam uma abordagem mais realista e multifacetada de avaliação e comparação de soluções alternativas. Nas últimas décadas, e pelas razões já aqui apontadas, tem-se verificado uma procura crescente pelo desenvolvimento e utilização destas metodologias na avaliação e no processo de decisão de grandes empreendimentos (COMMUNITIES, 2009).

Então, e também porque esta problemática da implementação de grandes empreendimentos tem um grande destaque (e gera, muita controvérsia) na agenda pública, será pertinente o desenvolvimento de um trabalho onde se estude a aplicação de MAD a um caso real, a seleção da localização de um novo aeroporto, mais concretamente, para o novo aeroporto em Lisboa analisando como alternativas a zona da Ota e a zona do CTA.

Neste trabalho, pretende-se assim: adquirir conhecimentos específicos na área do apoio à decisão e das metodologias de avaliação de problemas com múltiplos critérios; provar da

necessidade e validade da aplicação destes métodos para apoio à decisão neste tipo de problemas e em particular em problemas de localização de infraestruturas, efetuando um exemplo de aplicação a um caso real, o novo aeroporto de Lisboa.

O presente trabalho será apresentado ao longo de quatro capítulos, incluindo este onde se apresenta a descrição: dos objetivos deste trabalho; da influência dos transportes nas cidades ao longo da história; das tendências da economia mundial e da globalização; da importância de Portugal e da região de Lisboa no nacional, ibérico, europeu e mundial; das grandes tendências de evolução do transporte aéreo e dos aeroportos; do aeroporto de Lisboa-Portela e das várias alternativas estudadas para a sua ampliação e para a localização de um novo aeroporto; e por último, a descrição do que são os MAD e das metodologias aplicadas neste trabalho (MSP, TOPSIS e ELECTRE I).

No capítulo 2, são apresentadas todos os atributos envolvidos no processo de decisão da localização de um novo aeroporto e respetivas classificações.

Seguindo-se no capítulo 3, são apresentadas e justificadas as várias hipóteses de pesos simuladas e os resultados da aplicação MAD.

Finalmente, no capítulo 4 apresentam-se as principais conclusões da realização deste trabalho, aproveitando-se, ainda, para apontar algumas perspetivas de desenvolvimentos futuros.

1.1 Influência dos transportes nas cidades ao longo da história

Na Era das grandes navegações, cidades como Lisboa e Veneza desenvolveram-se muito através dos seus portos. A necessidade de conquista e o interesse no comércio externo levou à forte relação entre os portos e as cidades (Choa, 2011).

Cidades como Amesterdão ou Bruges, cidades formadas em redor de canais permitiam por via marítima facilidade na realização de trocas comerciais. Amesterdão, no início do século XVII, era o porto comercial da Europa, o centro financeiro mais importante do mundo e uma das cidades mais ricas (Embaixada da Holanda em Lisboa, 2013). No século XIV, Bruges era o centro mercantil mais importante do Noroeste da Europa (Amorim, 2000).

Na Era dos transportes ferroviários e com a revolução industrial, o aparecimento de cidades como Chicago, Omaha, Denver, deveu-se à construção da linha ferroviária (Choa, 2011). Entre 1840-1850 a cidade de Chicago desenvolveu-se aumentando a sua população de 4470 habitantes para 29963 habitantes (Physics, 2002). Atualmente 50% do transporte ferroviário de mercadorias dos Estados Unidos da América (EUA) continua a passar por Chicago (Blank, 2007).

A invenção do automóvel permitiu maior mobilidade e rapidez de acesso entre locais com percursos de curta e média distância. A rápida ligação entre vários locais levou à separação

crescente entre os locais trabalho e a residência, levando as cidades a expandirem-se (Choa, 2011).

Após a 2ª guerra mundial, surge a aviação comercial. Desde os seus primeiros dias e, posteriormente, a médio e longo prazo, as companhias aéreas foram vistas como serviços de correio de alta velocidade e transportes de passageiros (Low, 2013). Hoje, o avião no contexto mundial tornou-se num dos principais meios de transporte, tendo as companhias aéreas transportado 3,1 mil milhões de passageiros em 2013 (ATAG, 2014). Cidades como Londres, Paris Frankfurt e Amesterdão têm beneficiado dos seus aeroportos, tendo atraído um número notável de empresas para as suas propriedades criando assim retornos económicos para as suas regiões (Kasarda, 2010).

Os transportes ao longo da história têm tido uma relação direta com os processos económicos, políticos, sociais, com todos os processos que proporcionam desenvolvimento económico de uma região ou de um determinado setor (Kasarda, 2013). As cidades necessitam de um sistema eficaz para promover o desenvolvimento económico-social, por conseguinte, as cidades que não detenham este sistema, acabarão por estagnar ou diminuir (Choa, 2011).

1.2 As grandes tendências da economia mundial e da globalização

O Mundo está cada vez mais interativo e em crescente dinamismo. O aparecimento de entidades como a União Europeia (UE), Organização Mundial do Comércio (OMC) e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), proporcionaram desenvolvimento, liberalização e regulamentação do comércio internacional promovendo, deste modo, o processo de globalização mundial (Button, 2008).

O processo de globalização designa o fenómeno de abertura das economias e das respetivas fronteiras em resultado do acentuado crescimento das trocas internacionais de mercadorias, da intensificação dos movimentos de capitais, da circulação de pessoas, do conhecimento e da informação, proporcionados, pelo desenvolvimento dos transportes e das comunicações e pela crescente abertura das fronteiras ao comércio internacional, pode definir-se como um processo de fusões e aquisições de diversos sectores (CEPAL, 2002; Ferrão, 2012).

A globalização desenvolve-se a um ritmo cada vez mais acelerado, tendo um impacto cada vez maior na organização e na prática de negócios. As futuras metrópoles mundiais serão as cidades que criarem e desenvolverem infraestruturas que possibilitem maior acesso à informação, acessibilidade a qualquer ponto e que, simultaneamente, promovam uma maior capacidade de interação das economias locais com as economias globais (Choa, 2011).

1.3 Portugal e a região de Lisboa no contexto mundial, europeu, ibérico e nacional

Portugal usufrui de uma localização privilegiada, encontrando-se no centro do mundo, reunindo condições para ser uma plataforma atlântica entre a Europa, as Américas e a África (Marques et. al, 2003). Na verdade, a região de Lisboa é uma das maiores “cidades-região” da Europa pertencendo a um grupo restrito de grandes aglomerações europeias sendo só superada pelas duas mega aglomerações Londres e Paris e pelos polos globais Madrid, Amesterdão e Milão (LNEC, 2008).

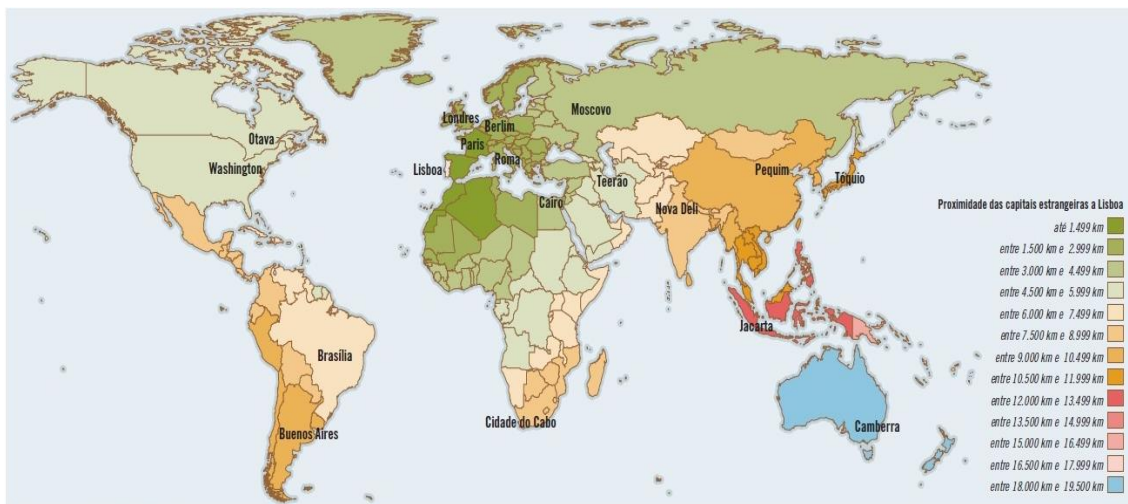


Figura 1 – Portugal e Lisboa no centro do Mundo (Santos, 2012)

No contexto ibérico, a região de Lisboa é um dos três grandes polos, a par com a comunidade de Madrid e da Catalunha, de maior produção, consumo e com níveis mais expressivos de emprego em atividades tecnologicamente mais avançadas (LNEC, 2008).

À escala da economia nacional, a região de Lisboa, de acordo com os dados dos censos apresentados em 2011 pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), apresenta perto de 2,8 milhões de habitantes, com índice de produtividade superior à média nacional, com maiores índices de consumo à escala nacional e com recursos humanos com qualificações superiores à média nacional, assumindo uma posição relevante no desenvolvimento dos aspetos financeiros, comerciais, imobiliários, turísticos, culturais e científicos, e como polo turístico reúne condições para afirmação deste *cluster* de atividades (museus, monumentos, fado, eventos culturais, jardins, parques, miradouros, gastronomia, vida noturna, entre outros) (Viera et. al, 2013; LNEC, 2008).

A região de Lisboa concentra grande parte dos recursos do país (recursos produtivos, de inovação e investigação, atração de turismo e lazer, de equipamentos sociais e de administração pública), sendo por isso dotada das melhores características para o desenvolvimento de novas práticas cooperativas empresariais, quer à escala nacional e quer à escala global (Viera et. al, 2013; LNEC, 2008).

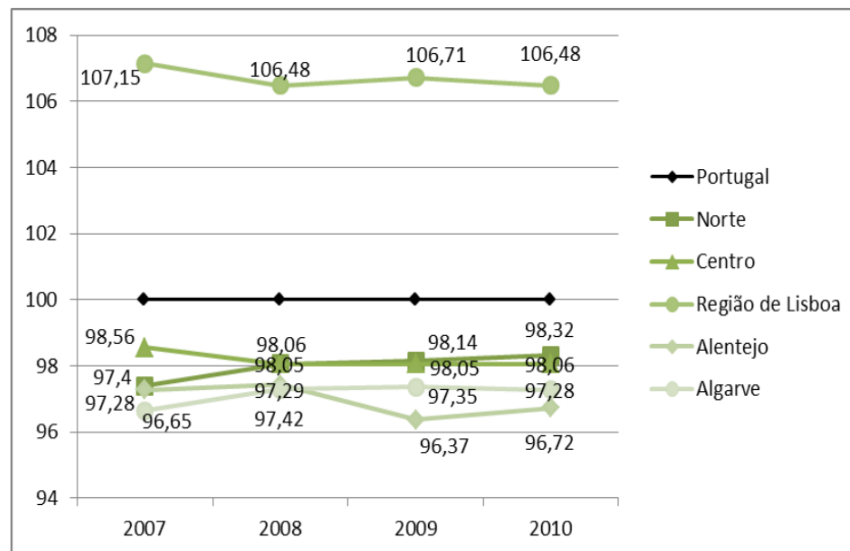


Figura 2 - Índice Desenvolvimento Regional - Portugal = 100 (retirado de Henriques et al, 2013)

Uma das atividades com maior contribuição para a economia nacional e com grande contributo para a internacionalização da região de Lisboa é o turismo. O Turismo gera, representa cerca de 46 % das exportações dos serviços, e mais de 14 % das exportações totais e 10 % do PIB nacional (Cardoso et al, 2014).

Um estudo realizado em 2011, pela consultora Roland Berger e que, avaliou 24 cidades europeias, revela que Lisboa é a segunda cidade com maior número de dormidas em relação ao número de habitantes, logo depois de Amesterdão. Em 2009, 2010 e 2013 foi premiada como a melhor cidade europeia para viagens de curta duração, nos World Travel Awards (WTA). Lisboa está, assim, no topo das preferências dos turistas portugueses e estrangeiros (Awards, 2013; Roland Berger, 2011).

Embora não seja consensual são alguns os políticos, peritos e estudos que apontam como necessário, para acompanhar estes desenvolvimentos (ao nível do turismo, da economia, etc.), idealizar um novo aeroporto internacional com capacidades alargadas de intermediação operacional e aglomeração de atividades.

1.4 As grandes tendências de evolução do transporte aéreo e dos aeroportos

O transporte aéreo tornou-se parte integrante da vida, aproximando pessoas. Um estudo da Airbus indica que em 2012, mais de 2,9 mil milhões de passageiros foram transportados pelas companhias aéreas de todo o mundo e espera que em 2032 sejam transportados 6,7 mil milhões de passageiros em todo o mundo. O mesmo estudo prevê que o tráfego mundial de passageiros cresça 4,7 % por ano e prevê que esta tendência continue ao longo dos próximos 20 anos (até 2032) (Airbus, 2013).

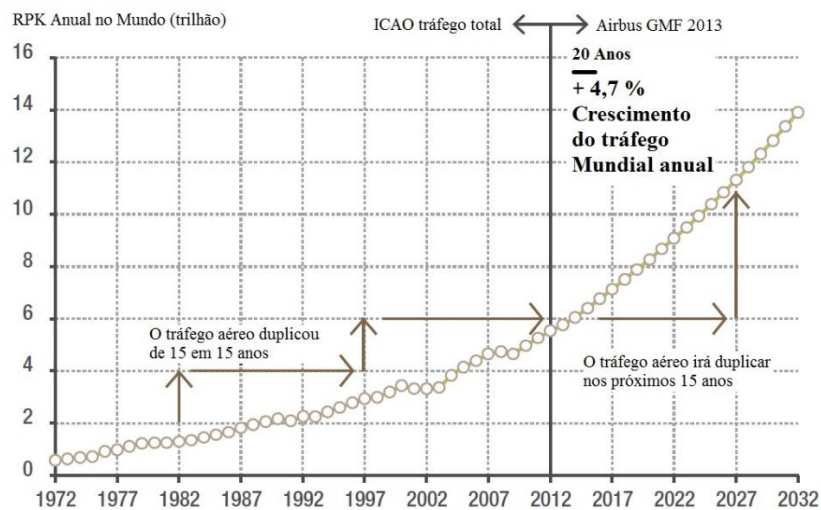


Figura 3 - Tendências de tráfego aéreo mundial até 2032 (adaptado de Airbus 2013)

Também o transporte de mercadorias por via aérea tem denotado um crescimento muito significativo. Em 2012, este representava 240 mil milhões de dólares esperando-se um crescimento de 4,8 % por ano até 2032. Este estudo também previa um aumento do número de aviões dedicados ao transporte de carga 1650 aviões (existentes em 2012) para cerca de 2900 aviões em 2032, acompanhado pelo aumento do número de rotas entre as companhias aéreas (Airbus, 2013).



Figura 4 – Fluxos de aviação mundial – observação de hubs

O transporte aéreo tem sido importante para a abertura dos mercados de trabalho, sendo vital em muitas indústrias como a do turismo, da alta-tecnologia, dos produtos farmacêuticos, de indústrias que necessitem de um transporte muito rápido das suas mercadorias, tendo por isso,

um papel relevante na economia global, proporcionando velocidade no transporte e a pontualidade de entrega (Kasarda, 2013).

No quadro destas tendências, os aeroportos estão a evoluir de simples infraestruturas de transporte para infraestruturas multimodais, constituídas, não só, pelas plataformas de aterragem/descolagem, mas também, por empresas multifuncionais criadoras de desenvolvimento industrial e comercial, tornando-se em alavancas relevantes das atividades empresariais e do desenvolvimento económico à escala local, regional, nacional e internacional. Estas infraestruturas multimodais são designadas por “cidades-aeroportuárias” (Kasarda, 2013; LNEC, 2007).

Atualmente, quase todas as funções comerciais de uma metrópole moderna são encontradas nos principais aeroportos ou nas suas imediações. Nos principais aeroportos podemos encontrar boutiques de luxo, restaurantes gourmet, instalações com serviços de saúde, entretenimento, ginásios, spas, clínicas, cinemas, galerias, e em alguns casos museus. Junto dos seus terminais, também se encontram escritórios, armazéns e hotéis de 4 e 5 estrelas que oferecem todas as comodidades de conforto e lazer aos passageiros (Kasarda, 2010; Wall, 2010).

Presentemente, no aeroporto Schiphol (em Amesterdão) é possível jogar roleta no Casino Holland ou apreciar famosas pinturas de mestres holandeses do Rijksmuseum. Ou no aeroporto de Heathrow (em Londres) onde se pode assistir a um concerto da Orquestra Filarmónica de Londres (Kasarda, 2013). Hotéis de aeroporto, como o Sheraton em Amsterdam Schiphol ou Hilton em Frankfurt, estão identificados entre os lugares mais populares para realizar reuniões de negócios na Holanda e na Alemanha, respetivamente (Kasarda, 2013).

Entre os aeroportos internacionais europeus destacam-se Heathrow, Charles de Gaulle, Frankfurt e Schiphol. Estes são considerados Hubs mundiais – pontos de ligação entre voos, estabelecendo rotas para todo o mundo, com um elevado número de partidas e chegadas, local que permite aos passageiros trocar de voo para o destino pretendido – sendo dos aeroportos com um maior número de passageiros. Em 2013, o aeroporto Heathrow transportou cerca de 72 milhões de passageiros sendo o terceiro aeroporto mundial com maior número de passageiros, o aeroporto Charles de Gaulle transportou cerca de 62 milhões de passageiros sendo o oitavo aeroporto mundial com maior número de passageiros, o aeroporto de Frankfurt transportou cerca de 58 milhões de passageiros sendo o décimo segundo aeroporto mundial com maior número de passageiros e o aeroporto Schiphol transportou cerca de 52 milhões de passageiros ocupando a décima quarta posição do ranking dos aeroportos com maior número de passageiros no mundo (Kasarda, 2010; Kasarda, 2013).

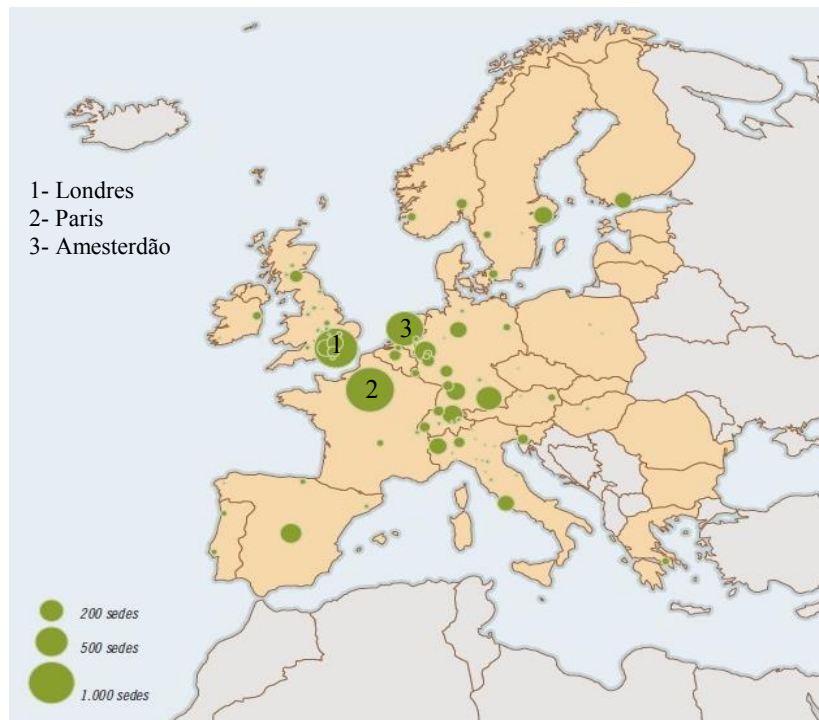


Figura 5 – Principais núcleos de sedes de empresas (Ferrão, 2012)

Devido às suas características de acessibilidade mundial e de elevados números de passageiros, cada um destes aeroportos tem atraído um número notável de empresas para as suas proximidades (Kasarda, 2013; Wall, 2010).

Até há relativamente pouco tempo, a maior parte das sedes de empresas estavam localizadas em edifícios de escritórios no centro das cidades, mas essa tendência tem vindo a mudar com o aparecimento das “cidades-aeroportuárias”. As empresas sediadas em “cidades-aeroportuárias” possuem localização privilegiada garantindo o acesso a um maior número de oportunidades de negócio e ainda beneficiam do aumento exponencial de passageiros, do volume de carga transportada e da expansão das rotas das companhias aéreas para potenciarem os seus negócios (Kasarda, 2013).

Veja-se o caso de Roissypole que ocupa 65 hectares no centro do aeroporto de Paris-Charles de Gaulle e tem mais de 230.000 m² de escritórios, com cerca de 700 empresas com sede no aeroporto. Cerca de 250 mil postos de trabalho, na região de Paris, estão diretamente ou indiretamente relacionados com o aeroporto de Charles de Gaulle. Ou o caso do aeroporto Schiphol, com cerca de 1000 empresas sediadas nas propriedades. Ou ainda, o exemplo de grandes empresas de logística, como a DHL, UPS e FedEx, que se encontram nas proximidades dos grandes aeroportos mundiais e que geram grandes números de emprego (Kasarda, 2010; Wall, 2010).

Desta forma, pode afirmar-se que o desenvolvimento de uma “cidade-aeroporto” na região de Lisboa poderá acrescentar ainda maiores índices de desenvolvimento, apresentando-se com um papel bastante relevante na economia local, regional e nacional, e mesmo global, sendo um ponto de ligação dos mercados nacionais com os mercados internacionais.

1.5 O aeroporto de Lisboa – Portela

O aeroporto da Portela, em Lisboa, inaugurado a 15 de outubro de 1942, é constituído por duas pistas com 3085 e 2400 metros, conferindo-lhe o estatuto de maior aeroporto de Portugal e um dos maiores do sul da Europa (Infopédia, 2013).

O intuito da construção deste aeroporto foi essencialmente fazer da capital portuguesa uma plataforma para voos transatlânticos e criar um apoio para a realização da Grande exposição do Mundo Português que não chegou a ser realizada devido ao início da Segunda Guerra Mundial (Infopédia, 2013).

Durante este período de guerra, o aeroporto esteve sobre vigilância e serviu de passagem a voos alemães e ingleses devido à neutralidade de Portugal (Infopédia, 2013).

Com o decorrer dos anos, o aeroporto da Portela teve um grande desenvolvimento, mas está a chegar aos limites das suas capacidades. No entanto, o seu alargamento devido essencialmente ao facto de estar rodeado de edifícios dentro dos limites da cidade de Lisboa e de estar rodeado de edifícios será difícil (LNEC, 2008; ANA, 2013).

Apesar desta dificuldade, em 1 de agosto de 2007 foi inaugurado um novo terminal do aeroporto (Terminal 2) com capacidade para receber mais 42 voos/hora, mas estando apenas destinado a partidas e com um serviço simplificado e que permite apenas voos em que as companhias não tenham necessidade de ter infraestrutura específica para processar transferência (ligação entre voos) de passageiros (Infopédia, 2013; ANA, 2013).

1.6 Qual a melhor localização para o Novo Aeroporto de Lisboa?

Em 1969, de modo a encontrar a localização mais viável para a construção de um novo Aeroporto de Lisboa, foi criado o Gabinete do Novo Aeroporto de Lisboa (GNAL) cujos principais objetivos e funções eram as de empreender, promover e coordenar todas as atividades relacionadas com a sua construção (Decreto-Lei nº 48902, de 8 de março de 1969) (LNEC, 2008).

Os primeiros estudos realizados mostraram que algumas zonas situadas na Margem Sul do Tejo, como Fonte da Telha, Montijo, Porto Alto e Rio Frio, eram localizações possíveis para a construção de um novo aeroporto. A expansão do Aeroporto da Portela também foi ponderada, no entanto, como já se referiu foi tido em conta o facto do aeroporto se encontrar praticamente dentro da cidade sendo muito difícil esta opção (LNEC, 2008).

Entre 1978 e 1982, surgiu, pela primeira vez, a hipótese de localização do aeroporto na zona da Ota em estudos promovidos pela Aeroportos de Portugal (ANA) que elegeram a Margem Norte do Tejo como sendo a localização mais viável. Esta hipótese de localização tem sido mantida em todas as avaliações realizadas posteriormente (LNEC, 2008). Nesta altura, a hipótese de localização para a zona do CTA não foi ponderada, devido à Margem Sul ser utilizada para fins militares e à relevância que nessa Margem foi atribuída à localização de Rio Frio. As referências que, nos estudos realizados, foram feitas ao CTA incidiram apenas na hipótese da sua desativação em consequência de opções de zonas localizadas na sua proximidade, como é o caso de Rio Frio (LNEC, 2008).

Em 1998, por decisão do XIII Governo Constitucional foram efetuados estudos comparativos entre a zona da Ota e a de Rio Frio, como eventuais alternativas ao aeroporto da Portela. Para cada uma das zonas foi realizado um Estudo Preliminar de Impacte Ambiental (EPIA), constituído por componentes operacionais, económicas, sociais e ambientais, de acordo com o definido na Lei n.º 11/87, de 7 de Abril – Lei de Bases do Ambiente com as alterações efetuadas pelo Decreto-Lei n.º 224-A/96, de 26 de Novembro (LNEC, 2008).

A Comissão de Avaliação de Impacte Ambiental (CAIA) foi responsável pelo desenvolvimento destes estudos e pela realização da respetiva consulta pública. No parecer realizado pela CAIA concluiu-se que a localização do NAL na zona da Ota era menos desfavorável do que em Rio Frio, onde existiam condicionantes que poderiam colocar em causa a sustentabilidade desta localização (LNEC, 2008). Deste modo, em julho de 1999, o XIII Governo Constitucional com base neste parecer tomou a decisão de construir o NAL na zona da Ota (LNEC, 2008).

A 22 de Novembro de 2005, num seminário promovido pelo Novo Aeroporto, S.A. (NAER), empresa entretanto criada de carácter semelhante ao GNAL, foram apresentados vários estudos sobre a viabilidade da manutenção do aeroporto da Portela através da sua possível expansão ou da sua utilização em simultâneo com outro aeroporto na zona de Lisboa. Todos estes estudos apontavam para a não viabilidade da expansão do aeroporto da Portela e que as soluções baseadas na utilização em simultâneo de um outro aeroporto (do Montijo ou Alverca) não apresentavam vantagens e não permitiam o prolongamento da vida útil do aeroporto da Portela. Estas soluções baseadas nos aeroportos de Alverca ou do Montijo não seriam suportáveis do ponto de vista comercial e económico sendo por isso, aconselhado o abandono do aeroporto da Portela uma vez iniciada a exploração do NAL (LNEC, 2008).

Na sequência destes estudos, no final de 2005, o XVII Governo Constitucional liderado por José Sócrates, anunciou a decisão de avançar com a construção do NAL com a localização na Ota depois de terem sido ponderados todos os estudos realizados, uma vez que o aeroporto da Portela apresentava limitações face às previsões do aumento do tráfego aéreo (LNEC, 2008).

Em 2007, a Confederação da Indústria Portuguesa (CIP) apresentou ao governo um novo estudo (Avaliação Ambiental de Localizações Alternativas para o aeroporto de Lisboa), realizado sob a coordenação do Instituto do Ambiente e Desenvolvimento (IDAD), que sustentava, tendo por base critérios ambientais, que a possibilidade de uma localização para o NAL situada na margem Sul do Tejo, teria eventuais vantagens globais sobre a localização da Ota. O XVII Governo Constitucional entendeu, assim, que a hipótese de localização do NAL na zona do CTA, ainda não tinha sido estudada e que merecia uma apreciação mais aprofundada (LNEC, 2008).

Neste sentido, em junho de 2007, o Ministro das Obras Públicas Transportes e Comunicações decidiu mandar o LNEC, “no âmbito da respetiva liberdade de investigação e autonomia técnica, elaborar um estudo que proceda a uma análise técnica comparada das alternativas de localização do Novo Aeroporto de Lisboa, na zona da Ota e na Zona do Campo de Tiro de Alcochete” (LNEC, 2008). No âmbito do referido mandato o LNEC iniciou um estudo que procedesse a uma análise técnica comparando a zona da Ota com a zona de CTA como alternativas de localização ao NAL (LNEC, 2008). O Ministério da Defesa Nacional (MDN) informou o LNEC relativamente à possibilidade de localizar o NAL na zona do CTA, fornecendo vários documentos relativos à desafetação do CTA que sintetizavam as principais implicações resultantes, não esquecendo a necessidade de garantir a manutenção e desenvolvimento de funções operacionais das Forças Armadas (LNEC, 2008).

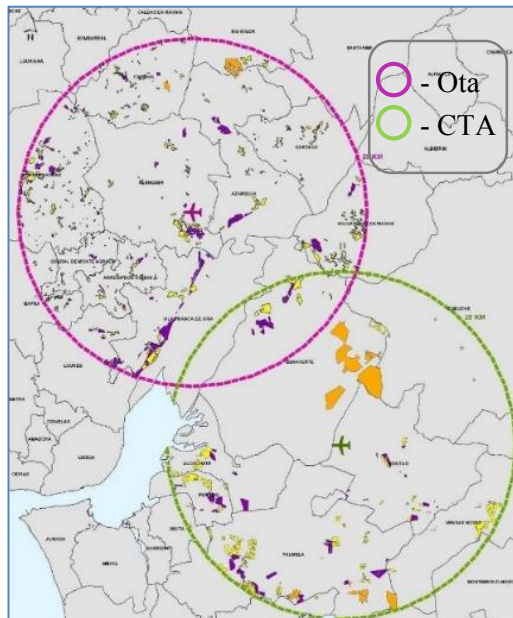


Figura 6 - Localizações dos estudos para o NAL – Ota vs CTA

O estudo realizado pelo LNEC permitiu identificar um vasto conjunto de atributos, sustentados em estudos técnicos, para a avaliação da localização do NAL. Estes atributos foram organizados numa estrutura hierárquica com três níveis descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo dos atributos considerados para a avaliação da localização do NAL

Nível 1	Nível 2		Nível 3	
FCD1 - Segurança, eficiência e capacidade das operações do tráfego aéreo	X1.1	Atributos de avaliação das condições meteorológicas e climáticas	X1	Visibilidade
			X2	Nuvens baixas
			X3	Visibilidade reduzida e nuvens baixas
			X4	Vento
			X5	Condições favoráveis à ocorrência de rotores ou turbulência
			X6	Condições favoráveis à ocorrência de turbulência de ar limpo na baixa troposfera
	X1.2	Atributos de avaliação do risco potencial de colisão de aves	X7	Quantidade de espécies observadas
			X8	Frequência de movimento de aves
			X9	Composição específica – nº de espécies de alto risco
			X10	Movimentos potencialmente perigosos
			X11	Avaliação dos riscos de colisão
	X1.3	Atributos de análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadores do capítulo 4 do anexo 14 à Convenção da ICAO	X12	Análise do terreno em termos das superfícies limitadores de obstáculos
			X13	Análise dos obstáculos artificiais referenciados na área da aplicação das superfícies limitadoras de obstáculos
	X1.4	Eficiência operacional e capacidade	X14	Procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada
			X15	Procedimentos de partida – Voltas de 15°
			X16	Procedimentos de partida – Voltas de 45°
			X17	Modos de operação das pistas
			X18	Capacidade teórica do sistema de pistas (nº de movimentos)
			X19	Capacidade do espaço aéreo – quantidade de impactos graves
FCD2 - Sustentabilidade dos recursos naturais e riscos	X2.1	Águas superficiais	X20	Área afetada total da bacia hidrográfica (km²)
			X21	Extensões das linhas de água afetadas (m)
			X22	Regime de cheias (m³/s)
			X23	Fatores que potenciam a erosão hídrica do solo
			X24	Fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica
			X25	Usos e qualidade da água da bacia hidrográfica
			X26	Oportunidades
			X27	Riscos
	X2.2	Águas subterrâneas	X28	Disponibilidade de águas subterrâneas – Produtividade do sistema de aquíferos (l/s)
			X29	Disponibilidade de águas subterrâneas – Balanço hídrico subterrâneo (hm³/ano)
			X30	Disponibilidade de águas subterrâneas – Qualidade da água para consumo
			X31	Recarga de águas subterrâneas (%)
			X32	Áreas de proteção de águas subterrâneas
			X33	Risco de poluição das águas subterrâneas – Índice drástico aquífero livre
			X34	Risco de poluição das águas subterrâneas – Índice drástico aquífero (semi)confinado
			X35	Oportunidades
			X36	Riscos

Quadro 1 (cont) – Resumo dos atributos considerados para a avaliação da localização do NAL

Nível 1	Nível 2		Nível 3	
FCD2 - Sustentabilidade dos recursos naturais e riscos	X2.3	Aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma	X37	Caracterização geotécnica do local de implantação
			X38	Escavação – Volume (m³)
			X39	Escavação – Condições de execução
			X40	Condições de reutilização dos materiais escavados
			X41	Aterros – Volume (m³)
			X42	Aterros – Condições de execução
			X43	Tratamentos de solos
			X44	Gestão dos materiais para a execução da plataforma
			X45	Movimentos de terras
			X46	Prazos de execução (anos)
			X47	Estimativa orçamental (M€)
			X48	Oportunidades
			X49	Riscos
	X2.4	Risco sísmico	X50	Casualidade sísmica – Ação sísmica tipo 1
			X51	Casualidade sísmica – Ação sísmica tipo 2
			X52	Efeitos locais – Ação sísmica tipo 1 (m/s²)
			X53	Efeitos locais – Ação sísmica tipo 2 (m/s²)
			X54	Plausibilidade de ocorrência de liquefação
			X55	Riscos
	X2.5	Ruído	X56	Classes de ruído particular – Lden > 55 dB(A) (habitantes)
			X57	Classes de ruído particular – Lden > 65 dB(A) (habitantes)
			X58	Classes de ruído particular – Ln > 45 dB(A) (habitantes)
			X59	Classes de ruído particular – Ln > 55 dB(A) (habitantes)
FCD3 - Conservação da natureza e da biodiversidade	X3.1	Sistema nacional de áreas classificadas (ha)	X60	Sistema nacional de áreas classificadas (ha)
	X3.2	Estrutura ecológica regional	X61	Estrutura ecológica regional
	X3.3	Ocupação do solo (ha)	X62	Cenário otimista
			X63	Cenário pessimista
	X3.4	Habitats naturais (ha)	X64	Habitats naturais (ha)
	X3.5	Flora	X65	Flora
	X3.6	Fauna	X66	Concentração de aves aquáticas
			X67	Movimentos de aves – Total de movimentos de aves
			X68	Movimentos de aves – Nrº de indivíduos por hora
			X69	Movimentos de aves – Aves de conservação prioritária
			X70	Movimentos de aves – Aves da diretiva 79/409/CEE
			X71	Movimentos de aves – Concentração de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões
			X72	Movimentos de aves – Movimentos de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões
			X73	Morcegos
			X74	Espécies de conservação prioritária
	X3.7	Oportunidades e riscos	X75	Oportunidades
			X76	Riscos
FCD4 - Sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	X4.1	Custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades	X77	1ºCenário
			X78	2ºCenário
	X4.2	Tempo gasto pelos passageiros	X79	1ºCenário
			X80	2ºCenário
	X4.3	Problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários	X81	1ºCenário
			X82	2ºCenário
	X4.4	Oportunidades e riscos	X83	Oportunidades
			X84	Riscos

Quadro 1 (cont) – Resumo dos atributos considerados para a avaliação da localização do NAL

Nível 1	Nível 2		Nível 3	
FCD5 - Ordenamento do território e desenvolvimento regional	X5.1	Situação existente e avaliação de tendências para a região local (< 25 km)	X85	Dinâmica demográfica – População Residente
			X86	Dinâmica demográfica – População Ativa
			X87	Ocupação e uso do solo – Área definida pelos PMOT (Classe de Espaço) – total (ha)
			X88	Dinâmica urbana – População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)
			X89	Dinâmica urbana – População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes
			X90	Dinâmica urbana – Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde
	X5.2	Situação existente e avaliação de tendências para a região global (< 100 km)	X91	Dinâmica demográfica – População Residente
			X92	Dinâmica demográfica – População Ativa
			X93	Dinâmica urbana – População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)
			X94	Dinâmica urbana – População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes
			X95	Dinâmica urbana – Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde
			X96	Dinâmica económica e empresarial – Pessoal ao Serviço nas Sociedades
			X97	Dinâmica económica e empresarial – Capacidade de Alojamento em Hotelaria Convencional
			X98	Dinâmica económica e empresarial – Volume de Vendas – 500 maiores empresas (10 ³ €)
	X5.3	Oportunidades e riscos	X99	Oportunidades – Dinâmica demográfica
			X100	Oportunidades – Ocupação e uso do solo
			X101	Oportunidades – Dinâmica económica e empresarial
			X102	Oportunidades – Dinâmica urbana
			X103	Riscos – Dinâmica económica e empresarial
			X104	Riscos – Dinâmica urbana
FCD6 - Competitividade e desenvolvimento económico e social	X6.1	Os impactos económicos e sociais expectáveis do NAL	X105	Ganhos de emprego global adicional com base na economia portuguesa
			X106	Ganhos de emprego global adicional com base nos multiplicadores da economia alemã
			X107	Ganhos de emprego indireto
	X6.2	As áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL	X108	Exportações per capita
			X109	Emprego nas empresas com capital estrangeiro
			X110	Fatores chave de competitividade industrial – Custo trabalho
			X111	Fatores chave de competitividade industrial – Recursos naturais
			X112	Fatores chave de competitividade industrial – Economia escala
			X113	Fatores chave de competitividade industrial – Diferenciação produto
			X114	Fatores chave de competitividade industrial – Intensidade I &D
			X115	Nível tecnológico das indústrias – Baixo
			X116	Nível tecnológico das indústrias – Médio-Baixo
			X117	Nível tecnológico das indústrias – Médio-Alto
			X118	Nível tecnológico das indústrias – Alto

Quadro 1 (cont) – Resumo dos atributos considerados para a avaliação da localização do NAL

Nível 1	Nível 2		Nível 3	
FCD6 - Competitividade e desenvolvimento económico e social	X6.3	Oportunidades e riscos	X119	Oportunidades – Eixos predominantes expansão
			X120	Oportunidades – Principais atividades emergentes
			X121	Oportunidades – Processos requalificação regeneração
			X122	Oportunidades – Valorização recursos
			X123	Oportunidades – Configuração área metropolitana
			X124	Riscos – Captação fluxos tráfego
			X125	Riscos – Eixos predominantes de desequilíbrio
			X126	Riscos – Mobilidade
FCD7 – Custos	X7.1	Custos de investimento	X127	Riscos – Desenvolvimento urbano
			X128	Custos de investimento (M€)
	X7.2	Custos variáveis internos	X129	Custos variáveis internos (M€)
			X130	Custos do ruído de tráfego aéreo (M€)
	X7.3	Custos variáveis Externas	X131	Custos dos acidentes rodoviários com vítimas mortais + feridos graves (M€)
			X132	Custos das emissões de poluentes veículos.km (NO _x , PM2.5, SO ₂ , VOCs, NH ₃ , CO ₂) (M€)

No entanto, nesta avaliação não foi utilizada nenhuma das metodologias científicas de apoio à decisão amplamente referenciadas em bibliografia científica. Antes, foi efetuada uma avaliação comparativa entre as duas alternativas identificadas para a localização do NAL (Ota e do CTA), com base na agregação dos atributos acima referidos em sete conjuntos denominados por Fatores Críticos de Decisão (FCD): FCD1 - Segurança, eficiência e capacidade das operações do tráfego aéreo; FCD2 - Sustentabilidade dos recursos naturais e riscos; FCD3 - Conservação da natureza e biodiversidade; FCD4 - Sistema de transportes terrestres e acessibilidades; FCD5 - Ordenamento do território e desenvolvimento regional; FCD6 - Competitividade e desenvolvimento económico e social; FCD7 - Custos (custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos) e avaliando-os individualmente.

Deste modo, julgou-se interessante, a utilização de metodologias científicas de apoio à decisão no estudo e análise da “melhor” localização de um novo aeroporto, de forma a obter uma análise mais detalhada e exaustiva dos critérios de decisão, comparação uma mais abrangente entre cenários e soluções e, com isso, sustentar melhor a decisão. São aliás vários os exemplo de aplicação deste tipo de metodologias, podendo, por exemplo, citar-se os casos: na seleção da melhor rota no transporte de resíduos nucleares (Chen et. Al, 2008); para determinar a melhor tecnologia de energia renovável no plano das energias sustentáveis (Demirtas, 2013); para a seleção da melhor localização de uma central nuclear na Turquia (Erol et. Al, 2014); para a construção da estação de comboios da linha de alta velocidade do Porto (Mateus et. al, 2008); na modelação do processo de seleção entre planos alternativos de recursos de transportes da CP Porto (Alves, 2008); na avaliação de habitação (Jesus et al. 2006); na seleção de betão pronto para empresas de construção (Makwana et. al, 2004); na avaliação de alternativas de gestão para o sistema de abastecimento urbano de água (Okeaola et al. 2012); na seleção de centrais fotovoltaicas em campos agrícolas na ilha da Córsega (Haurant et al. 2010); ou no processo de

análise de dados da investigação de “Racionalidades Conflituosas na Gestão do Desempenho no Serviço Nacional de Saúde Portuguesa” (Carvalho, 2012).

Neste trabalho, a tomada de decisão para a localização de um novo aeroporto, implica a necessidade implícita de analisar todos os fatores que envolvam a sua construção e o seu funcionamento, de forma a obter menores custos, riscos e impactos ambientais muitas vezes irreversíveis. Assim, na avaliação de problemas deste tipo, o recurso a MAD será, com toda a certeza, uma mais-valia, uma vez que são muitos e conflituosos os critérios a ter em conta na avaliação (ambientais, sociais e económicos, operacionais, entre outros) (Figueira et.al, 2012).

Deste modo, e antes de se passar à análise e aplicação ao “caso de estudo” – escolha da localização para o NAL analisando a zona da Ota e na zona do CTA – vai-se em primeiro lugar, introduzir estas metodologias, descrevendo a forma como evoluíram até aos nossos dias e apresentando os seus principais conceitos.

1.7 Métodos de Apoio à Decisão

Na vida real são muitas as situações onde se colocam questões relacionadas com a necessidade de se fazer a avaliação de um conjunto de soluções alternativas analisadas, segundo um conjunto de vários fatores (critérios) (COMMUNITIES, 2009). De facto, a atividade de decidir está presente em todas as funções de gestão como planear, organizar, controlar ou liderar, no entanto, muitas destas decisões ainda se apoiam, apenas, em experiências vividas, no bom senso e até mesmo pela intuição do agente de decisão (AD). Parece consensual, a necessidade de recorrer a metodologias científicas para apoiar a tomada de decisão, nomeadamente para problemas mais complexos e/ou de maior dimensão.

Os MAD surgem assim, como o conjunto de técnicas que permitem guiar e dar coerência a um processo de decisão, nunca anulando a ação e livre vontade do AD. Quando se considera que existe apenas um critério relevante para a seleção da melhor alternativa, os MAD podem designar-se por monocritério. Quando se consideram vários critérios no processo de decisão os MAD designam-se por multicritério (Jesus, 2014). Estes últimos podem ser de dois tipos (Jesus, 2014):

- Agregação completa: agregação dos desempenhos de cada alternativa nos vários atributos conforme uma função utilidade, conduzindo desta forma a uma ordenação completa das alternativas com base nos valores globais da função utilidade. O método da soma ponderada (MSP) e o método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) são exemplos de métodos de agregação completa;
- Agregação parcial: não atribui um valor global a cada uma das alternativas, já que pressupõe que os vários critérios não são proporcionais, podendo dificultar desta forma a sua redução a um único valor global. Alguns destes métodos baseiam-se em

comparações entre pares de alternativas e no estabelecimento de limiares, com o intuito de obter relações de subordinação (preferência ou prevalência) entre alternativas. Logo, na maioria destes métodos não é possível estabelecer uma ordenação completa das alternativas, mas apenas se estabelecem relações de preferência entre alternativas comparáveis entre si. Os métodos ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Realité) são exemplos de métodos de agregação parcial.

1.7.1 Critérios

Um critério pode ser entendido como um aspeto mensurável do julgamento através do qual pode ser caracterizada uma dimensão entre várias possibilidades de escolha em consideração. Na formulação de problemas os critérios aparecem na forma de atributos ou na forma de objetivos (Rodrigues, 2012).

1.7.1.1 Atributos

Os atributos caracterizam uma alternativa. Por exemplo, os atributos para a seleção de um computador portátil poderiam ser: a memória RAM, o disco rígido, a sua autonomia, as suas dimensões, o seu peso, etc (Rodrigues, 2012).

1.7.1.2 Objetivos

Um objetivo é algo que se pretende atingir, que indica normalmente a direção desejada para uma mudança (Rodrigues, 2012).

1.7.2 Escalas

Para a determinação do valor de um critério é necessário definir uma escala com níveis de desempenho a atribuir às ações. As escalas podem ser apresentadas como qualitativas ou quantitativas (Rodrigues, 2012).

As escalas qualitativas possuem um conjunto finito de níveis de desempenho, estando associada uma ordem de preferência (mau, medíocre, satisfatório, bom, excelente). Estas escalas continuam a ser qualitativas mesmo que seja atribuído um número a um nível, por exemplo, “mau = 0” (Dias, 2002). Estas escalas distinguem-se por três tipos: escala ordinal (1º, 2º, 3º, ...), escalas nominal (contém menos informação dado que se atribui apenas um nome ou rótulo) e escalas binárias (que só usam informação do tipo “sim” ou “não”, “verdadeiro” ou “falso”) (Rodrigues, 2012).

Relativamente às escalas quantitativas (cardinal ou métrica), os níveis de desempenho são expressos numa escala numérica, os valores dos critérios serão usados como se tratassem de quantidades expressas numa escala de intervalo ou de razão (Rodrigues, 2012).

1.7.3 Sentido de preferência

Alguns critérios apresentam-se como “ganhos” enquanto outros critérios apresentam-se como “perdas”. Neste trabalho, os critérios apresentam-se como “ganhos” designam-se como critérios de benefícios, onde, o seu sentido de preferência indica que o seu valor é melhor quanto mais elevado for (exemplo: potência do motor de um carro). Por outro lado, os critérios que se apresentam como “perdas” designam-se como critérios de custo, onde, o seu sentido de preferência indica que o valor é melhor quanto mais reduzido for (exemplo: emissões poluentes do automóvel) (Rodrigues, 2012).

Existem procedimentos de normalização que permitem transformar todos os critérios, por exemplo, em critérios de benefício (Rodrigues, 2012).

1.7.4 Normalização

Um problema de decisão pode ser constituído por vários e diferentes critérios com sentidos de preferência opostos, unidades incomensuráveis e escalas diferentes. Para tornar os vários critérios compatíveis é necessário transformar os seus valores numa única base de medida. A normalização dos critérios nem sempre é necessária, mas pode ser essencial para alguns métodos, como é o caso do MSP. A normalização apresenta vantagens ao permitir a existência de valores adimensionais de modo a facilitar a comparação entre critérios. Dois dos métodos mais conhecidos são o da normalização vetorial e o da normalização linear (Rodrigues, 2012).

Para o estudo apresentado foi utilizada a normalização linear baseada na razão de diferenças. Este tipo de normalização realiza o quociente entre a diferença de cada valor em relação ao mínimo e a amplitude de variação de valores desse atributo (Rodrigues, 2012). Desta forma, para um critério de benefício é usada a seguinte fórmula:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Enquanto para um critério de custo é usada a seguinte fórmula:

$$r_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (\text{Eq. 2})$$

A normalização razão de diferenças é aplicável em todas as situações. Se em qualquer critério os valores forem todos iguais (o mínimo igual máximo) substitui-se o resultado da divisão (zero por zero) pela unidade (Rodrigues, 2012).

Nesta normalização obtêm-se valores compreendidos no intervalo [0,1] (Rodrigues, 2012).

1.8 Metodologias aplicadas

Existem vários métodos que podem ser usados para resolver problemas de decisão com múltiplos critérios. Nesta abordagem foram considerados o MSP e o método TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), conhecidos por métodos de agregação completa, e o método ELECTRE I (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) pertencendo ao grupo dos métodos de agregação parcial.

1.8.1 Método da Soma Ponderada

O MSP é provavelmente o método mais conhecido e utilizado nos MAD. O conceito do método é simples devido às suas características intuitivas (Rodrigues, 2012). Pressupõem uma agregação dos desempenhos de cada alternativa para os vários atributos segundo uma função utilidade e conduz, a uma ordenação completa das alternativas com base nos valores globais da função utilidade – método de agregação completa (Jesus, 2014).

Neste método é necessário efetuar o processo de normalização para que os atributos possam ser adimensionais, de modo a que se possa fazer comparações entre atributos. É necessário a atribuição de pesos de preferência aos diferentes atributos do problema. A cada atributo j é atribuído um peso w_j de modo a que a soma dos n pesos seja igual à unidade. Para cada alternativa, faz-se o somatório dos produtos de cada uma das notas ou desempenhos dos seus atributos e respetivos pesos, obtendo a pontuação total de cada alternativa (Rodrigues, 2012; Widayanti et. al, 2013).

Em seguida descrevem-se os passos do método (Steele et. al, 2008):

1. Definir as alternativas (identificar as alternativas que estão a ser comparadas entre si).
2. Selecionar e definir atributos (identificar os objetivos ou atributos relevantes para a decisão).
3. Avaliar a pontuação para cada alternativa (atribuir valores para cada objetivo ou atributo de todas as alternativas).
4. Normalizar a matriz de decisão a fim de obter atributos comparáveis uns com os outros.
5. Pesar/Ponderar atributos; atribuir pesos de preferência; atribuir prioridades.
6. Ordenação das alternativas (a pontuação total para cada alternativa é calculada multiplicando as classificações normalizadas com o seus respetivos pesos, posteriormente é realizada a soma das classificações ponderadas de todos os atributos).

O cálculo da pontuação total (S_j) para cada alternativa é calculado usando a seguinte equação:

$$S_j = \sum_{k=1}^n x_{ij} \times w_j \quad j=1,2,\dots,m \quad (\text{Eq.3})$$

Em que:

n – número de atributos;

x_{ij} – classificação normalizada correspondente ao critério;

w_j – peso correspondente ao critério;

Quanto mais elevado for o valor de S_j , mais preferível será a respetiva alternativa (Rodrigues, 2012).

1.8.2 TOPSIS

O método TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution – foi inicialmente apresentado por Yoon e Hwang e Lai, Liu, Hwang (Makwana, et. al, 2013). Este método baseia-se no conceito de que a alternativa escolhida deve ter a menor distância em relação à solução ideal (composta pelos melhores valores possíveis para os atributos) e, por outro lado, a maior distância da solução anti ideal (composta pelos piores valores possíveis para os atributos). A classificação de uma alternativa é tanto melhor quanto mais próximo estiver da solução ideal e mais afastada da solução anti-ideal (Rodrigues, 2012). Também como no MSP, este método situa-se no grupo dos métodos de agregação completa, obtém uma medida agregadora dos desempenhos dos vários atributos de cada alternativa através de uma função utilidade, permitindo fazer uma ordenação de preferências das alternativas (Jesus, 2014).

Depois de normalizados e atribuídos os pesos a todos os atributos, o método TOPSIS é expresso na seguinte sucessão de passos (Rodrigues, 2012):

Passo 1 – Cálculo da matriz de decisão pesada (que previamente já foi normalizada):

A matriz de decisão pesada e normalizada (V_{ij}) é calculada multiplicando as colunas da matriz de decisão normalizada (R_{ij}) com os respetivos pesos (W_j):

$$V_{ij} = R_{ij} \times W_j \quad (\text{Eq. 4})$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Passo 2 – Determinação das soluções ideal (A^+) e anti-ideal (A^-):

A solução ideal maximiza os atributos de benefícios (J) e minimiza os atributos de custo (J'), enquanto uma solução anti-ideal maximiza os atributos de custo e minimiza os atributos de benefícios.

$$\begin{aligned} A^+ &= \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ &= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \end{aligned} \quad (\text{Eq.5})$$

Os valores v_j^+ , correspondem aos valores máximos ou mínimos da matriz V_{ij} , dependendo do critério correspondente seja de benefício ($j \in J$) ou custo ($j \in J'$) respetivamente.

$$\begin{aligned} A^- &= \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \end{aligned} \quad (\text{Eq.6})$$

Os valores v_j^- , correspondem aos valores mínimos ou máximos da matriz V_{ij} , dependendo do critério correspondente seja de benefício ($j \in J$) ou custo ($j \in J'$) respetivamente.

Passo 3 - Cálculo das medidas de separação:

A medida de separação pode ser dada pela distância Euclidiana a n dimensões é usado, relativamente à solução ideal. As medidas de separação de cada uma das alternativas a partir da solução ideal (S_j^+) é definida por:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (\text{Eq.7})$$

De modo semelhante para a solução anti-ideal (S_j^-):

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (\text{Eq.8})$$

Passo 4: Cálculo da proximidade relativa à solução ideal:

A proximidade relativa à solução ideal (T_i) é definida por:

$$T_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad 0 < T_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (\text{Eq.9})$$

Se $T_i = 1$, então $A_i = A^+$. Se $T_i = 0$, então $A_i = A^-$.

Passo 5 - Ordem de preferência:

A melhor alternativa agora pode ser definida de acordo com a ordem de preferência de classificação de T_i . A melhor alternativa é aquela que tem a distância mais curta para a solução ideal (Rodrigues, 2012).

1.8.3 ELECTRE I

A conceção do método ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realité – foi iniciada na década de 1960, e desde daí tem sido amplamente utilizado na análise de problemas com múltiplos critérios, ajudando em muitos problemas de decisão do quotidiano, que vão desde a agricultura ao meio ambiente, gestão da água e de finanças, à seleção de projetos, ao recrutamento de pessoal, entre outros. Existem várias versões do ELECTRE (ELECTRE I, II, III, IV, Tri) (Rodrigues, 2012).

Estes métodos, também conhecidos por métodos de agregação parcial, estabelecem comparações entre cada par de alternativas (A_i, A_j), para cada atributo, com o objetivo de chegarem a parâmetros que estabeleçam uma relação binária especial, designada de relação de subordinação ou prevalência. O processo conducente ao estabelecimento da relação de subordinação é conseguida no modelo através de dois conceitos muito importantes (Rodrigues, 2012):

- Existência de suficiente concordância, traduzindo o facto de que “ i preferida a j ” para um subconjunto de critérios suficientemente importantes;
- Ausência de discordância significativa, traduzindo o facto de que para qualquer critério em que “ j preferida a i ” não é demasiado elevada a intensidade dessa preferência.

O ELECTRE efetua essencialmente uma pesquisa com o intuito de se obter um subconjunto de alternativas não subordinadas, admitindo-se a existência de um determinado grau de discórdia na relação de subordinação. Assim sendo, uma alternativa A_i será selecionada para um determinado subconjunto, o das melhores alternativas, se esta for preferível à alternativa A_j relativamente a quase todos os critérios. O referido subconjunto é obtido através de uma relação binária \Re , captando desta forma as preferências do decisor relativamente aos dados disponíveis. Esta relação – $A_i \Re A_j$ – significa que apesar das duas alternativas A_i e A_j não se dominarem uma à outra, é possível aceitar o risco de A_i ser melhor que A_j (Rodrigues, 2012).

O método não requer que \Re goze da propriedade transitiva, ou seja, que $(A_j \Re A_k)$ e $(A_k \Re A_i)$ implique $(A_j \Re A_i)$. Pelo contrário, reconhece que as razões que permitindo decidir que $(A_j \Re A_k)$ e $(A_k \Re A_i)$, podem ser bastante diferentes para permitir $(A_j \Re A_i)$ (Rodrigues, 2012).

Para cada critério podem ser estabelecidas relações de preferência entre os pares de alternativas i e j : “ i é preferida a j ” ou “ i e j são equivalentes”. O método sintetiza essas n relações de preferência para cada alternativa a fim de estabelecer uma relação \mathfrak{R} entre as m alternativas. A síntese é conseguida através das relações de um índice de concordância c_{ij} e de um índice de discordância d_{ij} . O índice de concordância mede a frequência relativa pesada dos critérios em que a alternativa A_i é preferível à alternativa A_j , enquanto o índice de discordância mede a importância dos critérios onde se obtém uma maior discordância, partindo do princípio que A_i é preferível a A_j . Se A_i for preferível a A_j considera-se que o índice de discordância d_{ij} como uma medida de insatisfação (Rodrigues, 2012).

A identificação das alternativas subordinadas é obtida através das sucessivas avaliações das relações \mathfrak{R} . Este processo não constitui uma tarefa ambígua, tendo em conta que o método estabelece critérios para avaliar mecanicamente as relações \mathfrak{R} . A relação de subordinação é obtida através da comparação de pares de alternativas, sendo que para cada par ordenado de alternativas A_j , a alternativa a_i subordina A_j ($A_i \text{ S } A_j$). Portanto, o conjunto de critérios é dividido em dois subconjuntos: conjunto concordante (onde os critérios concordam com a aceitação de A_i não ser pior que A_j) e conjunto discordante (onde os critérios discordam da aceitação de A_i não ser pior que A_j) (Rodrigues, 2012).

O método ELECTRE I assume que uma alternativa A_i só pode “subordinar” outra alternativa A_j , se o índice de concordância c_{ij} exceder um dado limiar (limiar de concordância) juntamente com um índice de discordância d_{ij} for inferior com um determinado valor limite (limiar de discordância). O método consiste numa comparação das alternativas duas a duas baseada no grau em que as avaliações das alternativas e os pesos de preferência confirmam ou contradizem a preferência admitida entre pares de alternativas (Rodrigues, 2012).

Embora este método não obrigue à normalização da matriz de decisão, é necessário que os critérios estejam traduzidos em valores numéricos. Por isso, é normal efetuar-se a normalização da matriz, de forma a obter escalas comparáveis para os diferentes atributos. Depois de normalizados e de o AD ter atribuído as importâncias relativas (pesos) a cada um dos atributos o método ELECTRE I é descrito na seguinte sucessão de passos (Rodrigues, 2012):

Passo 1 – Cálculo da matriz de decisão pesada (que previamente já foi normalizada):

A matriz de decisão pesada e normalizada (V_{ij}) é calculada multiplicando as colunas da matriz de decisão normalizada (R_{ij}) com os respetivos pesos (W_j):

$$V_{ij} = R_{ij} \times W_j \quad (\text{Eq. 10})$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Passo 2 – Determinação do conjunto de critérios de decisão – concordância e discordância

Para cada par ordenado de alternativas (i, j) com $i, j = 1, 2, \dots, m$ e $i \neq j$, o conjunto de critérios de decisão é dividido em dois subconjuntos distintos: o de concordância e o de discordância.

O conjunto de concordância (ψ_{ij}) entre um par de alternativas (ex: A_i com A_j) é definido pelo conjunto de atributos em que alternativa A_i é preferível a alternativa A_j :

$$\psi_{ij} = \{k | x_{ik} \geq x_{jk}\} \cup \{k' | x_{ik'} \leq x_{jk'}\} \quad (\text{Eq.11})$$

onde $k=1, 2, \dots, n$ está associado aos critérios de benefícios e $k'=1, 2, \dots, n$ está associado aos critérios de custo.

O conjunto de discordância (ϕ_{ij}) entre um par de alternativas (ex: A_i com A_j) é definido pelo conjunto de atributos em que alternativa A_i é pior que a alternativa A_j :

$$\phi_{ij} = \{k | x_{ik} < x_{jk}\} \cup \{k' | (x_{ik'} > x_{jk'})\} \quad (\text{Eq.12})$$

onde $k=1, 2, \dots, n$ está associado aos critérios de benefícios e $k'=1, 2, \dots, n$ está associado aos critérios de custo.

Passo 3 – Cálculo da matriz de concordância C

Os elementos da matriz de concordância são definidos pelos índices de concordância (c_{ij}) é definido por:

$$c_{ij} = \sum w_j \quad \text{com } j \in \psi_{ij} \quad 0 \leq c_{ij} \leq 1 \quad (\text{Eq.13})$$

O índice de concordância indica a preferência de uma alternativa em comparação com outra: " A_i supera A_j ". Para cada par ordenado de alternativas a matriz de concordância $C_{m \times m}$ pode ser definida por :

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & \dots & c_{mm-1} & - \end{bmatrix} \quad (\text{Eq.14})$$

Passo 4: Cálculo da matriz de discordância D_i

Os elementos da matriz de discordância são definidos pelos índices de discordância (d_{ij}), calculados da seguinte forma:

$$d_{ij} = \frac{\max_{k \in \phi_{ij}} |v_{ik} - v_{jk}|}{\max_{k \in \{1,2, \dots, n\}} |v_{ik} - v_{jk}|} \quad \text{com } i, j = 1, 2, \dots, m; \quad 0 \leq d_{ij} \leq 1 \quad (\text{Eq.15})$$

Um índice de discordância (d_{ij}) elevado indica que " A_i é menos favorável que A_j ". Para cada par ordenado de alternativas a matriz de discordância $D_{m \times m}$ pode ser definida por:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & \dots & d_{mm-1} & - \end{bmatrix} \quad (\text{Eq.16})$$

Passo 5 – Cálculo da matriz binária de concordância F

A matriz binária de concordância (F) define a capacidade de uma alternativa A_i subordinar outra A_j . Para ser calculada é necessário conhecer do valor limiar de concordância (c') para comparação com o índice de concordância (c_{ij}).

Neste estudo optou-se, numa fase inicial, que o valor do limiar de concordância é determinado pelo valor médio (média aritmética - Eq.17) dos índices de concordância da matriz. Numa fase posterior, testou-se o efeito da variação do seu valor.

$$c' = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{c_{kl}}{n(n-1)} \quad (\text{Eq.17})$$

Assim, os elementos da matriz F (matriz booleano) são definidos por:

$$f_{ij} = 1 \text{ se } c_{ij} \geq c' \quad (\text{Eq.18})$$

$$f_{ij} = 0 \text{ se } c_{ij} < c' \quad (\text{Eq.19})$$

Um valor de $f_{ij} = 1$, representa a aceitação de A_i ser preferida a A_j pelo indicador de concordância (isto é, atendendo aos critérios em que A_i é pelo menos tão bom quanto A_j . Se $f_{ij} = 0$, representa a rejeição da referida preferência).

Passo 6 – Cálculo da matriz binária de discordância G

A matriz de discordância (G) é obtida de forma semelhante à matriz de concordância F . Para ser calculada é necessário conhecer o valor limiar de discordância (d') para comparação com o índice de discordância (d_{ij}). Neste estudo optou-se, numa fase inicial, que o valor deste limiar é determinado pelo valor médio do índice de discordância (Eq.20). Posteriormente, testou-se o efeito da variação do deste valor.

$$d' = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{d_{ij}}{n(n-1)} \quad (\text{Eq.20})$$

Os elementos da matriz G (matriz booleano) são definidos por:

$$g_{ij} = 1 \text{ se } d_{ij} \leq d' \quad (\text{Eq.21})$$

$$g_{ij} = 0 \text{ se } d_{ij} > d' \quad (\text{Eq.22})$$

Uma $g_{ij} = 0$ traduz a insatisfação absoluta em relação a admitir-se que A_i é preferida a A_j . Isto é, indicam não ser cumprida a condição de não-discordância para a aceitação de A_i ser preferida a A_j . Os elementos $g_{ij} = 1$ indicam estar satisfeita a ausência de discordância forte em relação àquela preferência.

Passo 7 – Cálculo da matriz de prevalência E

A matriz de prevalência (E) é calculado pela multiplicação das matrizes F e G , tal como se segue:

$$E = F \otimes G \quad (\text{Eq.23})$$

onde cada elemento (e_{ij}) da matriz é obtido através de:

$$e_{ij} = f_{ij} \times g_{ij} \quad (\text{Eq.24})$$

Um $e_{ij} = 1$, revela que existe concordância suficientemente intensa e não existe discordância suficientemente forte para admitir que a alternativa em causa A_i subordina a alternativa comparativa A_j .

Passo 8 – Identificação das relações de prevalência

O passo final deste processo consiste em, através matriz de E , identificar as relações de subordinação, a partir dos quais podem ser identificadas as melhores alternativas.

Passo 9 – Identificação do núcleo

Os resultados da matriz E podem ser representados através de um grafo (figura 7) que permitirá de forma, eventualmente, mais intuitiva, identificar a melhor alternativa, ou o subconjunto das melhores alternativas, sendo que este subconjunto constitui o núcleo. Todas as alternativas que pertencem ao núcleo não são subordinadas por alternativas que não pertençam ao núcleo, por outro lado, qualquer alternativa que não pertença ao núcleo é subordinada por, pelo

menos, uma alternativa do núcleo. As alternativas que não pertencem ao núcleo podem, assim, ser eliminadas. O processo é repetido até que todas as alternativas que pertençam ao núcleo ou que tenham sido eliminadas. Como foi referido anteriormente, com a variação dos limiares de concordância e discordância é possível testar a “consistência” das relações de subordinação ($e_{ij} = 1$). De facto, quando se diminui o limiar de concordância e se aumenta o limiar de discordância obtemos um número mais elevado de elementos unitários na matriz de prevalência, isto é, temos mais relações de subordinação entre as alternativas, mas estas relações são menos “consistentes”.

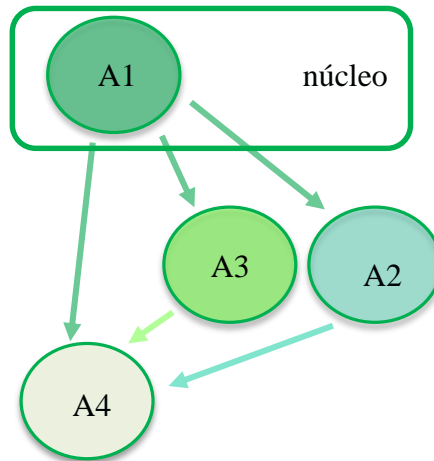


Figura 7 – Exemplo de grafo obtido para avaliando quatro alternativas (A1, A2, A3 e A4)

1.8.4 Software utilizado

Dada essa diversidade e a complexidade dos fatores que influenciam este tipo de problemas (nomeadamente, neste caso de estudo o número de atributos considerados na análise) é de todo aconselhável o recurso às tecnologias de informação. Deste modo, todos os cálculos apresentados neste trabalho foram efetuados utilizando um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) com interface web – web-SAD - denominado Matrix - Web-based advanced Scientific Decision Support Systems", <http://kreation.dec.uc.pt/projects/matrix/?r>, (Rodrigues et. Al, 2013). Este sistema desenvolvido por uma equipa do INESC Coimbra demonstrou ser uma ferramenta essencial para análise deste tipo de estudos, uma vez que integra a eficiência e rapidez de processamento dos sistemas de informação com modelos formais que lidam com a parte de apoio à decisão.

De facto, este web-SAD permite assistir os vários atores envolvidos no estudo da localização de uma infraestrutura de transportes (p.ex. correspondentes a diferentes perfis de utilizador e resultados esperados) a tomar decisões mais bem fundamentadas. Este web-SADE

incorpora não só tecnologia de ponta no apoio à decisão espacial como também expande a tecnologia de ponta dessa análise. O Matrix integra:

- Um módulo de gestão de bases de dados;
- Uma base de métodos multicritério, consequência da natureza multidimensional dos problemas de planeamento urbano e para fornecer aos decisores e/ou projetistas uma melhor perceção dos aspetos em conflito e natureza das soluções de compromisso;
- Tecnologia web/Internet, para lidar com a dispersão espacial dos atores;
- Um interface web, projetado para ser user-friendly e intuitivo, destinado a minimizar o esforço cognitivo exigido aos utilizadores.

O interface permite ao utilizador não só aplicar um dos vários métodos multicritério disponíveis na base de métodos, mas também visualizar, modificar, adicionar e analisar os resultados dos métodos e cenários considerados. O utilizador pode criar, gravar, modificar ou eliminar atributos e problemas/resultados de análise. Todas estas operações são feitas através do interface web.

Quanto aos métodos de apoio à decisão disponibilizados pelo Matrix, estes abrangem uma gama de técnicas orientadas para objetivos específicos, e coerentes. Estas técnicas (MSP, TOPSIS, ELECTRE) diferem entre si no que toca ao tipo de informação pedida ao decisor e ao tipo de resultado (output). Consequentemente, a escolha do método dependerá dos objetivos do decisor.

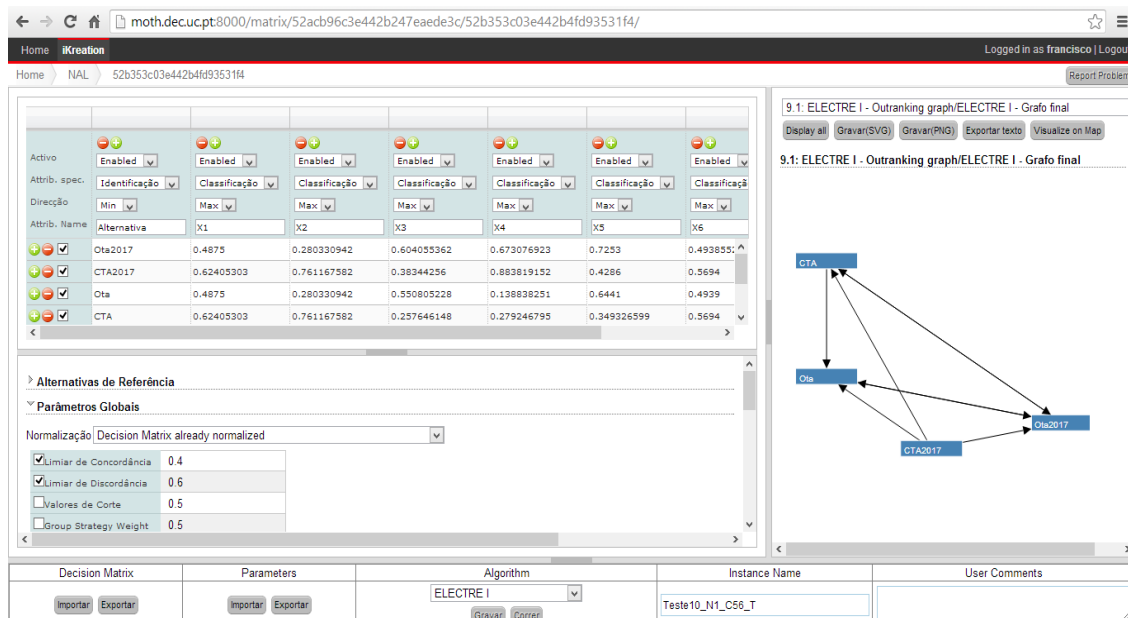


Figura 8 – Software iKreation

Capítulo 2 – Atributos caracterizadores da localização de um novo aeroporto

Capítulo 2 – Atributos caracterizadores da localização de um novo aeroporto

Como referido na secção 1.6, o estudo realizado pelo LNEC, permitiu identificar um vasto conjunto de atributos, sustentados em estudos técnicos, para a avaliação da localização do NAL (Quadro 1, página 14).

Para a quantificação dos atributos qualitativos, foram elaboradas escalas classificativas, com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC, permitindo assim trabalhar com as classificações em valores numéricos.

No estudo desenvolvido pelo LNEC, as duas alternativas em análise têm como horizonte de projeto o ano 2050. Estas alternativas são aqui denominadas de “Ota” e “CTA”.

Pareceu também interessante avaliar a influência do ano de projeto na tomada de decisão das alternativas (uma vez que para alguns dos atributos em análise, tinham também o ano de 2017, com eventual horizonte de projeto¹). Estas duas novas alternativas foram aqui denominadas de “Ota2017” e “CTA2017”.

Deste modo, e tendo em consideração o que se acabou de referir, foram simulados dois tipos de cenários:

- 1) Em que foi considerado o conjunto das quatro alternativas (Ota2017, CTA2017, Ota e CTA) utilizando os três métodos atrás referidos (MSP, o método TOPSIS e o método ELECTRE I);
- 2) Em que se aplicaram apenas o MSP e o método TOPSIS, admitindo dois cenários com horizontes de projeto distintos (Ota2017 vs CTA2017 e Ota vs CTA);

Neste trabalho vão ser apresentados todos os atributos (e as respetivas classificações) considerados no processo de tomada de decisão da localização do NAL.

2.1 Segurança, eficiência e capacidade das operações do tráfego aéreo

Uma exigência primordial de qualquer aeroporto passa pela sua adequação ao desenvolvimento seguro e eficiente das operações do tráfego aéreo, tanto na infraestrutura aeroportuária e na sua área envolvente, como no seu espaço circundante (LNEC, 2008). Nesta secção são apresentados os atributos que constituem e definem a segurança, eficiência e capacidade das operações do tráfego aéreo: avaliação das condições meteorológicas e climatéricas, avaliação do risco potencial de colisão com aves, análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras – capítulo 4 do anexo 14 à Convenção da *International Civil Aviation Organization* (ICAO) e eficiência operacional e capacidade.

¹ sendo X62, X63, X77, X78, X79, X80, X81, X82, X85, X89, X91 e X94, os atributos que diferenciam as alternativas com horizonte de projeto 2017 com as alternativas com horizonte de projeto 2050.

2.1.1 Avaliação das condições meteorológicas e climáticas

No quadro 2 são sintetizados os resultados da análise comparada dos locais CTA e Ota para parâmetros meteorológicos.

Quadro 2 – Resumo dos resultados da análise comparada dos locais CTA e OTA para parâmetros meteorológicos (retirado do LNEC, 2008)

Parâmetros meteorológicos		Ota	CTA
Visibilidade reduzida	Frequência	> Frequência (de nevoeiro) (com base nos valores horários de ALADIN)	> Frequência (+12% para visibilidade <500m e +6% para visibilidade <1000m)
	Nº de horas	> Nº de horas (devido a precipitação)	> Nº de horas (por nevoeiro, neblina e presença de partículas)
Nuvens baixas		> Frequência	
Visibilidade reduzida + Nuvens baixas			> Frequência
Vento (fator de orientação da pista)		<ul style="list-style-type: none"> Qualquer orientação da pista satisfaz os critérios da ICAO Com base no ALADIN rumo predominante NW (30%) 	<ul style="list-style-type: none"> Qualquer orientação da pista satisfaz os critérios da ICAO Com base no ALADIN rumo predominante N (23% Alcochete)
Instabilidade e turbulência com base em simulação numérica	Nº dias com condições favoráveis á ocorrência de rotores ou turbulência	> Nº dias (100-140 dias de ocorrência de rotores / 0-50 dias de ocorrência de turbulência)	Não existem
	Nº dias com condições favoráveis á ocorrência de turbulência de ar limpo na baixa troposfera	(2-4 dias)	> Nº dias (14-29 dias)

2.1.1.1 Visibilidade reduzida

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 3) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 3 – Parâmetros de avaliação associado à visibilidade reduzida

Parâmetros	Classificação	Valor
Menor frequência de visibilidade reduzida	Menor	1
Maior frequência de visibilidade reduzida	Maior	2

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 2

A informação referente aos resultados da avaliação deste atributo, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas². No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para este atributo, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de horas de visibilidade reduzida.

2.1.1.2 Nuvens baixas

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 4) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 4 - Parâmetros de avaliação associado à presença de nuvens baixas

Parâmetros	Classificação	Valor
Menor incidência de presença de nuvens baixas	Menor	1
Maior incidência de presença de nuvens baixas	Maior	2

* Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 2

A informação referente aos resultados da avaliação deste atributo, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas. No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para este atributo, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de horas de presença de nuvens baixas.

2.1.1.3 Visibilidade reduzida e nuvens baixas

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 5) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 5 – Parâmetros de avaliação associado à presença de visibilidade reduzida e nuvens baixas

Parâmetros	Classificação	Valor
Menor incidência de presença de visibilidade reduzida e nuvens baixas	Menor	1
Maior incidência de presença de visibilidade reduzida e nuvens baixas	Maior	2

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 2

A informação referente aos resultados da avaliação deste atributo, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas. No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para este atributo, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de horas de presença de visibilidade reduzida e nuvens baixas.

² Por exemplo: menor ou maior; pior ou melhor, etc.

2.1.1.4 Vento

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 6) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 6 - Parâmetros de avaliação relativo aos critérios ICAO

Parâmetros	Classificação	Valor
Não satisfaz nenhum dos critérios ICAO	Não satisfaz	1
Satisfaz poucos critérios ICAO	Satisfaz pouco	2
Satisfaz alguns dos critérios ICAO	Satisfaz	3
Satisfaz a grande parte dos critérios ICAO	Satisfaz bem	4
Satisfaz a praticamente todos os critérios ICAO	Satisfaz muito bem	5
Satisfaz todos os critérios ICAO	Satisfaz plenamente	6

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 2

2.1.1.5 Instabilidade e turbulência

Para as condições favoráveis à ocorrência de rotores ou turbulência e para as condições favoráveis à ocorrência de turbulência de ar limpo na baixa troposfera foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 7) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 7 - Parâmetros de avaliação de ocorrência de instabilidade e turbulência

Parâmetros	Classificação	Valor
0-10 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Desprezável	1
11-25 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Praticamente desprezável	2
26-50 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Pouco significativo	3
51-100 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Regular	4
101-200 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Significativo	5
201-365 dias de ocorrência de instabilidade e turbulência	Muito significativo	6

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 2

2.1.1.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para as condições meteorológicas e climatéricas

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro-resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 8).

Quadro 8 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, dos parâmetros meteorológicos

X1.1 – Atributos de avaliação das condições meteorológicas e climáticas	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X1 - Visibilidade	Custo	2	2	Quadro 3
X2 - Nuvens baixas	Custo	2	1	Quadro 4
X3 - Visibilidade reduzida e nuvens baixas	Custo	1	2	Quadro 5
X4 - Vento	Benefício	6	6	Quadro 6
Instabilidade e turbulência:				
• X5 - Condições favoráveis à ocorrência de rotores ou turbulência	Custo	5	1	Quadro 7
• X6 - Condições favoráveis à ocorrência de turbulência de ar limpo na baixa troposfera	Custo	1	2	Quadro 7

2.1.2 Avaliação do risco potencial de colisão com aves

2.1.2.1 Quantidade e frequência de movimentos de aves

2.1.2.1.1 Quantidade de espécies observadas

Na zona da Ota, foram observadas **46 espécies**, enquanto na zona do CTA foram observadas **57 espécies** (LNEC, 2008).

2.1.2.1.2 Frequência de movimento de aves

Na zona da Ota, foram detetados **63,9** bandos por hora, enquanto na zona do CTA foram detetados **49,8** bandos por hora (LNEC, 2008).

2.1.2.2 Composição específica

Na zona da Ota foram categorizadas **11** espécies de alto risco e para a zona de CTA foram categorizadas **8** espécies (LNEC, 2008).

2.1.2.3 Movimentos potencialmente perigosos

Os movimentos potencialmente perigosos de aves de rapina ocorreram nos dois locais de estudo (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 9) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 9 - Parâmetros de avaliação associados aos movimentos potencialmente perigosos das aves

Parâmetros	Classificação	Valor
Inexistência de ocorrência de movimentos potencialmente perigosos	Não presente	1
Existência de ocorrência de movimentos potencialmente perigosos	Presente	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

Neste atributo, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de movimentos potencialmente perigosos em cada alternativa.

2.1.2.4 Avaliação dos riscos de colisão

A avaliação risco potencial de colisão com aves sugere que, globalmente, a zona do CTA comporta um risco **maior** que a zona da Ota.

Quadro 10 - Parâmetros de avaliação associados à avaliação dos riscos de colisão

Parâmetros	Classificação	Valor
Menor probabilidade de risco de colisão	Menor	1
Maior probabilidade de risco de colisão	Maior	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

A informação referente aos resultados da avaliação deste atributo, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas. No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para este atributo, poderia, por exemplo, serem utilizados os valores obtidos pela matriz de probabilidade de colisão vs gravidade, da metodologia de avaliação do risco de colisão com aves.

2.1.2.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a avaliação dos riscos de colisão com aves

De acordo com os quadros e informação apresentados, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 11).

Quadro 11 - Resumo das classificações, para os locais Ota e CTA, do risco potencial e colisão de aves

X1.2 – Atributos de avaliação do risco potencial de colisão de aves	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
Quantidade e frequência de movimentos de aves:				
• X7 - Quantidade de espécies observadas	Custo	46	56	Nº de espécies
• X8 - Frequência de movimento de aves	Custo	63,9	49,8	Bandos/hora
X9 - Composição específica – nº de espécies de alto risco	Custo	11	8	Nº de espécies
X10 - Movimentos potencialmente perigosos	Custo	2	2	Quadro 9
X11 - Avaliação dos riscos de colisão	Custo	1	2	Quadro 10

2.1.3 Análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras – capítulo 4 do anexo 14 à Convenção da ICAO

O capítulo 4 do anexo 14 à convenção da ICAO visa que a definição do espaço em redor dos aeródromos deve ser mantida livre de obstáculos, permitindo que todas as operações das aeronaves sejam conduzidas em segurança (LNEC, 2008).

2.1.3.1 Penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras

Para a análise do terreno em termos das superfícies limitadoras de obstáculos, a zona da Ota necessita de algumas alterações de modo a viabilizar a operação das aeronaves em condições de segurança e com perfis de voo aceitáveis. A zona do CTA cumpre os critérios dos limites das superfícies limitadoras de obstáculos do anexo 14. Na análise dos obstáculos artificiais referenciados na área da aplicação das superfícies limitadoras, na zona da Ota e na zona do CTA foram identificados obstáculos pontuais (LNEC, 2008).

Para a avaliação das análises referidas foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 12) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 12 - Parâmetros de avaliação associados á análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras

Parâmetros	Classificação	Valor
Não satisfaz nenhum dos critérios	Não satisfaz	1
Satisfaz poucos critérios; necessita de muitas alterações/reparações	Satisfaz pouco	2
Satisfaz alguns critérios; necessita de algumas alterações/reparações	Satisfaz	3
Satisfaz a grande parte dos critérios; necessita de alterações/reparações pontuais	Satisfaz bem	4
Satisfaz praticamente todos os critérios; necessita ligeiras alterações/reparações pontuais	Satisfaz muito bem	5
Satisfaz todos os critérios; não necessita de qualquer alteração/reparação	Satisfaz plenamente	6

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida pelo estudo do LNEC

2.1.3.2 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 13).

Quadro 13 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para a análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras

X1.3 – Atributos de análise da penetração de obstáculos nas superfícies limitadoras do capítulo 4 do anexo 14 à Convenção da ICAO	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X12 - Análise do terreno em termos das superfícies limitadoras de obstáculos	Benefício	3	6	Quadro 12
X13 - Análise dos obstáculos artificiais referenciados na área da aplicação das superfícies limitadoras de obstáculos	Benefício	5	5	Quadro 12

2.1.4 Eficiência operacional e capacidade

2.1.4.1 Procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada

Em ambos os locais e pistas, os procedimentos de aproximação às pistas para a categoria de não-precisão e de precisão de categoria I são exequíveis. Os procedimentos de precisão de categoria II/III, na localização da Ota e do CTA apresentam poucas condicionantes (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 14) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 14 - Parâmetros de avaliação associados aos procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada

Parâmetros	Classificação	Valor
Procedimentos de aproximação não viáveis;	Não satisfaz	1
Procedimentos de aproximação pouco viáveis; muitas restrições/condicionantes	Satisfaz pouco	2
Procedimentos de aproximação praticáveis; algumas restrições/condicionantes	Satisfaz	3
Procedimentos de aproximação praticamente viáveis; restrições/condicionantes pontuais	Satisfaz bem	4
Procedimentos de aproximação viáveis; sem restrições/condicionantes	Satisfaz muito bem	5

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.1.4.2 Procedimentos de partida

2.1.4.2.1 Voltas de 15°

Na localização da Ota, segundo os requisitos ICAO as partidas com voltas de 15° de divergência entre partidas simultâneas é exequível para uma das duas pistas previstas. Já para a outra, as partidas terão de se efetuar em frente, devido ao relevo adjacente. Para a localização CTA, esta exigência é exequível, sem qualquer restrição, em ambas as pistas, para qualquer ângulo de descolagem (LNEC, 2008).

2.1.4.2.2 Voltas de 45°

Na localização da Ota, as partidas com voltas de 45°, são possíveis após desbaste de terreno, considerado pela NAER,S.A, podendo ser cumpridas por aeronaves cuja performance e peso lhes permita à decolagem subir com gradiente de 5,5% (valor standard 3,3%). Na zona de CTA existem antenas que têm implicações numa das pistas mas, procedendo-se à sua remoção, estas deixam de existir (LNEC, 2008).

Para os procedimentos de partida (voltas 15° e voltas a 45°) foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 15) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 15 - Parâmetros de avaliação associados aos procedimentos de partida

Parâmetros	Classificação	Valor
Procedimentos de partida não viável;	Não satisfaz	1
Procedimentos de partida pouco viável; muitas restrições/condicionantes	Satisfaz pouco	2
Procedimentos de partida praticáveis; algumas restrições/condicionantes	Satisfaz	3
Procedimentos de partida praticamente viável; restrições/condicionantes pontuais	Satisfaz bem	4
Procedimentos de partida viáveis; sem restrições/condicionantes	Satisfaz muito bem	5

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.1.4.3 Modos de operação das pistas

Na zona da Ota, o modo de operação das pistas é exequível em modo segregado (uma pista utilizada exclusivamente para aterragens e a outra exclusivamente para decolagens). Em modo semi-misto (uma pista utilizada exclusivamente para decolagens ou para aterragens e a outra simultaneamente para aterragens e para decolagens) e em modo misto (ambas as pistas são utilizadas tanto para aterragens como para decolagens) a decisão da sua viabilidade só poderá ser esclarecida com a realização de estudos complementares.

Na zona do CTA, todos os modos de operação das pistas são exequíveis (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 16) com base nas informações dadas e sustentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 16 - Parâmetros de avaliação relativo aos modos de operação das pistas

Condição/Parâmetros	Classificação	Valor
Impossível; impossível ou necessita de estudos em todos os modos de operação	Não viáveis	1
Possível só no modo segregado; impossível ou necessita de alguns estudos em dois dos modo de operação	Pouco viáveis	2
Possível praticamente em todos os modos de operação das pistas (modo segregado e modo semi-misto); impossível ou necessita de alguns estudos num modo de operação	Praticamente viáveis	3
Possível em todos os modos de operação das pistas; não necessita de estudos	Viáveis	4

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.1.4.4 Capacidade teórica do sistema de pistas

Este atributo define a capacidade máxima de processamento do sistema de pistas que pode ser atingida, dentro das condições ideais de operação. A localização da Ota tem capacidade para **88** movimentos (aterragens e/ou descolagens). Para a localização no CTA são possíveis **104** movimentos (aterragens e/ou descolagens) (LNEC, 2008).

2.1.4.5 Capacidade do espaço aéreo

Para identificar a capacidade do espaço aéreo a Força Aérea Portuguesa (FAP) identificou os impactos “gravosos” para coexistência do NAL. Na zona da Ota são (LNEC, 2008):

- i. A Base Aérea de Monte Real fica completamente inutilizada para a organização do espaço aéreo (rotas de chegada e de partida);
- ii. Os referentes à Carreira de Tiro de Alcochete, cuja operação ficaria inviabilizada a partir de 2500 pés;
- iii. A interferência com as atividades desenvolvidas na TRA56 (Tancos) e D25 (Campo de Tiro de Santa Margarida).

Para a zona do CTA:

- i. A necessidade de desativação da Carreira de Tiro de Alcochete (LP-D10).
- ii. Desativação das áreas LP-D28A/B (Vendas Novas).
- iii. Desativação da área LP – R26A (área restrita que envolve a Base do Montijo).
- iv. Afetação das operações aéreas no aeródromo do Montijo.

A classificação deste atributo será estabelecida pela quantidade de impactos gravosos apresentados (Ota=3 e CTA=4).

2.1.4.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para a eficiência operacional e capacidade

De acordo com os quadros e informação apresentados, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 17).

Quadro 17 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, da eficiência operacional e capacidade

X1.4 – Atributos de eficiência operacional e capacidade	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X14 - Procedimentos de aproximação por instrumentos e aproximação falhada	Benefício	4	4	Quadro 14
Procedimentos de partida				
• X15 - Voltas de 15°	Benefício	3	5	Quadro 15
• X16 - Voltas de 45°	Benefício	4	4	Quadro 15
X17 - Modos de operação das pistas	Benefício	2	4	Quadro 16
X18 - Capacidade teórica do sistema de pistas (n° de movimentos)	Benefício	88	104	Movimentos
X19 - Capacidade do espaço aéreo – quantidade de impactos graves	Custo	3	4	Quant. imp. graves

2.2 Sustentabilidade dos recursos naturais e riscos

Esta secção apresenta os atributos que constituem e definem a sustentabilidade dos recursos naturais e riscos: os recursos de águas superficiais, águas subterrâneas, capacidades geotécnicas, oportunidades e riscos associados à sustentabilidade dos recursos naturais, risco sísmico e risco de afetação do ruído.

2.2.1 Águas superficiais

Este atributo assume importância relevante, não só para a construção de uma infraestrutura como um aeroporto, mas também, no seu funcionamento e construção das acessibilidades. Para a sua classificação considerou-se a área afetada da bacia hidrográfica, as extensões das linhas de água afetadas, o regime de cheias, fatores que potenciam a erosão hídrica do solo, fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica, usos e qualidade da água da bacia hidrográfica e oportunidades e riscos que surgem com a implantação de um aeroporto (LNEC, 2008).

2.2.1.1 Área afetada da bacia hidrográfica

A área impermeabilizada pela implantação do NAL irá afetar as bacias hidrográficas alterando as condições de escoamento e o seu regime hidrológico. Apesar das áreas impermeabilizadas em ambas as localizações serem idênticas, o posicionamento do NAL, na

localização da Ota, afetará um total **24,3 km²** das bacias hidrográficas de Rio da Ota, Ribeira do Alvarinho e Rio de Alenquer. Na localização do CTA, afetará **18,0 km²** da bacia hidrográfica da Ribeira do Vale do Cobrão (LNEC, 2008).

2.2.1.2 Extensões das linhas de água afetadas

O comprimento de extensões das linhas de água afetadas não difere muito entre as localizações da zona da Ota e da zona do CTA, correspondendo respetivamente a **25330 m** e **26460 m** (LNEC, 2008).

2.2.1.3 Regime de cheias

O posicionamento do NAL, na localização da Ota, terá grande influência na bacia hidrográfica da Ribeira de Alvarinho, impermeabilizando uma área significativa, sujeitando-a assim a maiores caudais. Existem relatos históricos de existência de cheias muito significativas e frequentes nos terrenos adjacentes próximos ao rio da Ota. No que diz respeito a caudais de ponta de cheia, no Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo (PBHT) as bacias dos rios de Alenquer e da Ota foram consideradas conjuntamente, com um caudal para o período de retorno de 100 anos de **620 m³/s**. Relativamente à localização do CTA, considerando todas as linhas de água intercetadas pela plataforma reunidas, esta apresenta um caudal de ponta cheia de **104 m³/s** (LNEC, 2008).

2.2.1.4 Fatores que potenciam a erosão hídrica do solo

Na localização da Ota os fatores que potenciam a erosão hídrica do solo serão essencialmente **baixos a moderados**. Na localização do CTA os solos são arenosos, mas visto que não há grandes declives, os solos classificam-se de **baixa sensibilidade** à erosão (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 18) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 18 - Parâmetros de avaliação relativo aos fatores que potenciam a erosão hídrica do solo

Parâmetros	Classificação	Valor
Solos com muito elevada sensibilidade à erosão	Muito mau	1
Entre solos com muito elevada e elevada sensibilidade à erosão	Mau	2
Solos com elevada sensibilidade à erosão	Deficiente	3
Entre solos com elevada e moderada sensibilidade à erosão	Regular	4
Solos com moderada sensibilidade à erosão	Intermédio	5
Entre solos de moderada e baixa sensibilidade à erosão	Bom	6
Solos com baixa sensibilidade à erosão	Muito Bom	7

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.1.5 Fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica

Na zona da Ota, **uma parte reduzida** das fontes de poluição será eliminada, mas o padrão de água manter-se-á praticamente inalterado, devido à dimensão das bacias hidrográficas circundantes. Na zona do CTA, as fontes de poluição **serão eliminadas** (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 16) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 19 - Parâmetros de avaliação relativo às fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica

Parâmetros	Classificação	Valor
Fontes de poluição inalteradas na bacia hidrográfica	Mau	1
Eliminação de poucas fontes de poluição na bacia hidrográfica	Pouco suficiente	2
Eliminação alguns das fontes de poluição na bacia hidrográfica	Suficiente	3
Eliminação da maior parte das fontes de poluição na bacia hidrográfica	Bom	4
Eliminação total das fontes de poluição na bacia hidrográfica	Excelente	5

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.1.6 Usos e qualidade da água da bacia hidrográfica

As localizações da Ota e do CTA têm evidenciado problemas de qualidade na água obtendo classificação de poluída a extramente poluída (**muito poluída**) (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 20) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 20 - Parâmetros de avaliação relativo ao uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas

Parâmetros	Classificação	Valor
Sem poluição; condições excelentes para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Bom	1
Fracamente poluída; necessita de alguns tratamentos para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Regular	2
Poluída; necessita de tratamentos para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Deficiente	3
Muito poluído; necessita de bastantes tratamentos para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Mau	4
Extremamente poluída; necessita de rigorosos tratamentos para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Muito mau	5

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.1.7 Oportunidades e riscos

No quadro 21 apresentam-se as oportunidades e riscos de cada localização, para a plataforma aeroportuária, para os acessos e para a zona de desenvolvimento induzida pelo NAL (LNEC, 2008).

Quadro 21 - Oportunidades e riscos para a localização da Ota e para a localização do CTA, em relação ao escoamento dos caudais de cheias

Local	Oportunidades	Riscos
Ota	Aumento da capacidade de vazão do leito principal do rio da Ota. Média	Aumento da altura de água de inundação devida ao estrangulamento no canto de Sudeste e à diminuição da zona inundável no rio da Ota. Baixo
	Maior controlo das inundações provocadas por caudais de cheia mais frequente. Baixa	Presença de grande barragem na ribeira de Alvarinho. Médio
	Zona de desenvolvimento induzido pelo NAL. Média	Desvio da ribeira do Alvarinho em condutas de grande diâmetro e com grande comprimento sob um aterro de grande dimensão, suscetíveis de obturação. Elevado
CTA	Zona de desenvolvimento induzido pelo NAL. Alta	Acessos ao NAL com atravessamentos nos rios de Alenquer e da Ota. Médio
		Zona de desenvolvimento induzido pelo NAL. Médio
CTA	Zona de desenvolvimento induzido pelo NAL. Alta	Acessos ao NAL com atravessamentos em pequenas ribeiras. Baixo
		Zona de desenvolvimento induzido pelo NAL. Baixo

Para a avaliação destes atributos, oportunidades e riscos, foram elaboradas escalas classificativas, Quadro 22 e Quadro 23, respetivamente. A classificação final destes atributos será obtida pelo somatório dos valores de todas as oportunidades ou riscos de cada alternativa (ex: 2 oportunidades de classificação média, 1 oportunidade de classificação baixa e 1 oportunidade de classificação elevada terá, valor $8, 2*2+1*1+1*3=8$).

Quadro 22 - Parâmetros de avaliação classificativa associado às oportunidades

Parâmetros	Classificação	Valor
Não se aplica	Nula	0
Benefícios baixos ou insignificantes	Baixa	1
Vantagens ou oportunidades de importância média	Média	2
Criação de novas ou elevadas oportunidades de desenvolvimento e criação de riqueza para o País e região; benefícios elevados	Elevada	3

Quadro 23 - Parâmetros de avaliação classificativa associado aos riscos

Parâmetros	Classificação	Valor
Não se aplica	Nula	0
Perda de recurso ou afetação de qualidade pouco relevante e minimizável; custos baixos	Baixa	1
Perda de recurso ou afetação de qualidade que exige a aplicação de diretrizes; custos médios	Média	2
Perda de recurso ou afetação de qualidade irreversível e insubstituível; custos elevados	Elevada	3

2.2.1.7.1 Oportunidades

Para determinação dos atributos associados às oportunidades foi utilizado o Quadro 22.

2.2.1.7.2 Riscos

Para determinação dos atributos associados aos riscos foi utilizado o Quadro 23.

2.2.1.8 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de águas superficiais

De acordo com os quadros e informação apresentados, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respectivas classificações (Quadro 24).

Quadro 24 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para águas superficiais

X2.1 - Atributos - Águas superficiais	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X20 - Área afetada total da bacia hidrográfica (km ²)	Custo	24,3	18,0	Área afetada total da b.h.
X21 - Extensões das linhas de água afetadas (m)	Custo	25330	26460	Extensão das linhas de água
X22 - Regime de cheias (m ³ /s)	Custo	620	104	Caudal de ponta cheia
X23 - Fatores que potenciam a erosão hídrica do solo	Benefício	5	6	Quadro 18
X24 - Fontes de poluição pontual e difusa na bacia hidrográfica	Benefício	2	5	Quadro 19
X25 - Usos e qualidade da água da bacia hidrográfica	Custo	4	4	Quadro 20
Oportunidades e riscos				
• X26 - Oportunidades	Benefício	5	3	Quadro 22
• X27 - Riscos	Custo	10	2	Quadro 23

2.2.2 Águas subterrâneas

Grande parte do abastecimento de água da população portuguesa deve-se às reservas hídricas subterrâneas. Também contribuem para o escoamento de base dos rios ao longo do ano, têm grande importância no abastecimento da agricultura e de indústrias. A construção de uma infraestrutura como um aeroporto provoca grandes alterações ao nível da ocupação do solo, consequentemente com os recursos de água presentes (LNEC, 2008). Para a sua classificação considerou-se a disponibilidade de águas subterrâneas para abastecimento ao aeroporto, a recarga de águas subterrâneas, as áreas de proteção de águas subterrâneas, o risco de poluição das águas subterrâneas e as oportunidades e riscos que surgem com a implantação de um aeroporto.

2.2.2.1 Disponibilidade de águas subterrâneas para abastecimento ao aeroporto

A localização da Ota apresenta um sistema de aquíferos com uma produtividade para a captação de recursos hídricos de **10,2 l/s** e um balanço hídrico de 92-168 hm³/ano (considerou-se o valor médio para classificação do referente atributo – **130 hm³/ano**). A localização do CTA apresenta uma produtividade de **17,1 l/s** e um balanço hídrico entre 101-365 hm³/ano (**233 hm³/ano**) (LNEC, 2008).

A qualidade da água para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei 306/2007, foi considerada de **boa qualidade** para as duas localizações em estudo (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 25) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 25 - Parâmetros de avaliação relativo ao uso e qualidade da água para consumo humano

Parâmetros	Classificação	Valor
Péssima qualidade; necessita de rigorosos tratamentos para o uso e qualidade para consumo humano	Muito mau	1
Má qualidade; necessita de bastantes tratamentos para o uso e qualidade para consumo humano	Mau	2
Qualidade regular; necessita de tratamentos para o uso e qualidade para consumo humano	Regular	3
Boa qualidade; necessita de tratamentos pontuais para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Boa	4
Excelente qualidade; condições excelentes para o uso e qualidade das águas das bacias hidrográficas	Muito boa	5

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.2.2 Recarga de águas subterrâneas

Com a construção do NAL a diminuição da recarga do sistema aquífero será de **0,29%** e **0,09%** para a zona da Ota e CTA, respetivamente (LNEC, 2008).

2.2.2.3 Áreas de proteção de águas subterrâneas

A ausência próxima de captações para abastecimento público na direção de escoamento subterrâneo de água nos dois locais em estudo de desenvolvimento do NAL não pressupõe que haja sobreposição de áreas de proteção especial de águas subterrâneas com o NAL (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 26) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 26 - Caracterização da interferência com as áreas de proteção de águas subterrâneas

Parâmetros	Classificação	Valor
Não interfere com as águas subterrâneas de proteção especial	Sem sobreposição	1
Interfere com as águas subterrâneas de proteção especial	Com sobreposição	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

Neste atributo, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que, poderia, por exemplo, ser utilizada a área de interseção com as zonas de proteção de águas subterrâneas em cada alternativa.

2.2.2.4 Risco de poluição das águas subterrâneas

O “índice DRASTIC” (varia entre 23 e 226) avalia o risco de poluição das águas subterrâneas. Na zona da Ota, o aquífero livre apresenta um valor médio de **índice DRASTIC de 143**, correspondendo a uma vulnerabilidade intermédia. O aquífero (semi)confinado apresenta um valor médio de **índice DRASTIC de 76**, conferindo-lhe uma vulnerabilidade baixa. Na localização do CTA, os índices DRASTIC são muito semelhantes aos da localização da Ota, o aquífero livre apresenta um valor médio de **índice DRASTIC de 142** (vulnerabilidade intermédia). Para o aquífero (semi)confinado apresenta um valor médio de **índice DRASTIC de 82** (vulnerabilidade baixa) (LNEC, 2008).

2.2.2.5 Oportunidades e riscos

Nestes atributos foi aplicada a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7.

No quadro 27 são apresentados oportunidades e os riscos de cada localização relativos aos recursos hídricos subterrâneos (LNEC, 2008).

Quadro 27 - Oportunidades e riscos para a localização da Ota e para a localização do CTA, associado às águas subterrâneas

		Ota	CTA
Oportunidades	Disponibilidade de águas subterrâneas para abastecimento	Oportunidade Média	Oportunidade Elevada
	Proteção conferida pela existência de camadas pouco permeáveis na parte superior do sistema aquífero	Oportunidade Elevada	Oportunidade Elevada
Riscos	Risco de rebaixamento dos níveis piezométricos da região para: <ul style="list-style-type: none"> Aquífero (semi)confinado (por novas extrações) 	Risco Baixo	Risco Baixo
	Risco de poluição causada por poluentes não contidos, i.e. por falha nos sistemas de coleta e drenagem de águas superficiais pluviais para: <ul style="list-style-type: none"> Aquífero livre Aquífero (semi)confinado 	Risco Médio Risco Baixo	Risco Médio Risco Baixo

2.2.2.5.1 Oportunidades

Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 22.

2.2.2.5.2 Riscos

Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 23.

2.2.2.6 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de águas subterrâneas

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 28).

Quadro 28 - Resumo das classificações para os locais Ota e CTA, para as águas subterrâneas

X2.2 - Atributos - Águas subterrâneas	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
Disponibilidade de águas subterrâneas para abastecimento ao aeroporto: <ul style="list-style-type: none"> X28 - Produtividade do sistema de aquíferos (l/s) X29 - Balanço hídrico subterrâneo (hm³/ano) X30 - Qualidade da água para consumo 	Benefício Benefício Benefício	10,2 130 4	17,1 233 4	Prod. do sist. hídrico Bal. hídrico Quadro 25
X31 - Recarga de águas subterrâneas (%)	Custo	0,29	0,09	Variação da recarga
X32 - Áreas de proteção de águas subterrâneas	Custo	1	1	Quadro 26
Risco de poluição das águas subterrâneas <ul style="list-style-type: none"> X33 - Índice drástico aquífero livre X34 - Índice drástico aquífero (semi)confinado 	Custo Custo	143 76	142 82	Índice drástico Índice drástico
Oportunidades e riscos <ul style="list-style-type: none"> X35 - Oportunidades X36 - Riscos 	Benefício Custo	5 4	6 4	Quadro 22 Quadro 23

2.2.3 Geotecnia

Os aspetos de natureza geotécnica têm influência direta relativamente à preparação dos terrenos para a construção da plataforma do NAL. No quadro 29 são sintetizados os indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo da preparação dos terrenos para a construção da plataforma (LNEC, 2008).

Quadro 29 - Síntese dos indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma

Indicadores	Ota	CTA
Caracterização geotécnica do local de implantação	Condições geotécnicas muito desfavoráveis	Condições geotécnicas correntes
Volume (m ³) e condições de escavação	42660000 Condições semelhantes	5854000 Condições semelhantes
Condições de reutilização dos materiais escavados	Reutilização total mediante aplicação seletiva	Reutilização total mediante aplicação seletiva
Volume (m ³) e condições de execução dos aterros	49831000 Necessidade de melhoramento dos solos nas zonas aluvionares	13860000 Necessidade de drenagem
Tratamentos de solos	Muito intenso nas zonas aluvionares	Reduzido à execução de sistema de drenagem basal

Quadro 29 (cont) - Síntese dos indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma

Indicadores	Ota	CTA
Gestão dos materiais para a execução da plataforma	Maiores volumes envolvidos e de gestão mais complexa	Menores volumes envolvidos e de menor complexidade
Movimento de terras	Maiores volumes, admitindo-se o equilíbrio de terras	Menores volumes, sendo difícil atingir o equilíbrio de terras
Prazos de execução	2,5 Anos	1,5 Anos
Estimativa orçamental.	536,7x106 €	204,6x106 €

2.2.3.1 Caracterização geotécnica do local de implantação

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 30) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 30 - Parâmetros de avaliação associados à caracterização geotécnica do local de implantação

Parâmetros	Classificação	Valor
Condições geotécnicas muito desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de muitas alterações/reparações	Muito desfavorável	1
Condições geotécnicas desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita alterações/reparações	Desfavorável	2
Condições geotécnicas razoáveis/correntes para a construção da plataforma; necessita de algumas alterações/reparações	Moderado	3
Condições geotécnicas favoráveis para a construção da plataforma; necessita alterações/reparações pontuais	Favorável	4
Condições geotécnicas muito favoráveis para a construção da plataforma; não necessita de alterações/reparações	Muito favorável	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.2 Volume e condições de escavação

2.2.3.2.1 Volume

Os valores relativamente ao volume são apresentados no quadro 29.

2.2.3.1.2 Condições de escavação

Ambas as localizações apresentam condições de escavação favoráveis (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 31) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 31 - Parâmetros de avaliação associado às condições de escavação

Parâmetros	Classificação	Valor
Condições de escavação muito desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de muitas alterações/reparações	Muito desfavorável	1
Condições de escavação desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de alterações/reparações	Desfavorável	2
Condições de escavação razoáveis/correntes para a construção da plataforma; necessita de algumas alterações/reparações	Moderado	3
Condições de escavação favoráveis para a construção da plataforma; necessita alterações/reparações pontuais	Favorável	4
Condições de escavação muito favoráveis para a construção da plataforma; não necessita de alterações/reparações	Muito favorável	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.2 Condições de reutilização dos materiais escavados

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 32) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 32 - Parâmetros de avaliação associado às condições de reutilização dos materiais escavados

Parâmetros	Classificação	Valor
Condições de reutilização dos materiais escavados muito desfavoráveis para a construção da plataforma; não reutilizáveis	Muito desfavorável	1
Condições de reutilização dos materiais escavados desfavoráveis para a construção da plataforma; pouca percentagem dos materiais é reutilizável	Desfavorável	2
Condições de reutilização dos materiais escavados razoáveis/correntes para a construção da plataforma; reutilização dos materiais regular	Moderado	3
Condições de reutilização dos materiais escavados favoráveis para a construção da plataforma; reutilização praticamente total	Favorável	4
Condições de reutilização dos materiais escavados muito favoráveis para a construção da plataforma; reutilização total	Muito favorável	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.3 Volume e condições de execução dos aterros

2.2.3.3.1 Volume

Os valores relativamente ao volume são apresentados no quadro 29.

2.2.3.3.2 Condições de execução dos aterros

Na localização da Ota as condições de execução de aterro são difíceis. Os solos nas zonas aluvionares necessitam de técnicas de melhoramento ou de substituição. Para a localização do CTA, as condições de execução de aterro serão favoráveis, desde que, implementados sistemas apropriados de drenagem (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 33) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 33 - Parâmetros de avaliação associado às condições de execução dos aterros

Parâmetros	Classificação	Valor
Condições de execução dos aterros muito desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de muitas alterações/reparações	Muito desfavorável	1
Condições de execução dos aterros desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de alterações/reparações	Desfavorável	2
Condições de execução dos aterros razoáveis/correntes para a construção da plataforma; necessita de algumas alterações/reparações	Moderado	3
Condições de execução dos aterros favoráveis para a construção da plataforma; necessita alterações/reparações pontuais	Favorável	4
Condições de execução dos aterros muito favoráveis para a construção da plataforma; não necessita de alterações/reparações	Muito favorável	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.4 Tratamentos de solos

A localização da Ota impõe a realização de intensos trabalhos de melhoramento/substituição de solos nestas áreas. Na localização do CTA, o tratamento de solos envolve a adoção de uma solução de drenagem basal (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 34) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 34 - Parâmetros de avaliação relativo aos tratamentos de solos

Parâmetros	Classificação	Valor
Condições de execução dos aterros muito desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de muitas alterações/reparações	Muito desfavorável	1
Condições de execução dos aterros desfavoráveis para a construção da plataforma; necessita de alterações/reparações	Desfavorável	2
Condições de execução dos aterros razoáveis/correntes para a construção da plataforma; necessita de algumas alterações/reparações	Moderado	3
Condições de execução dos aterros favoráveis para a construção da plataforma; necessita alterações/reparações pontuais	Favorável	4
Condições de execução dos aterros muito favoráveis para a construção da plataforma; não necessita de alterações/reparações	Muito favorável	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.5 Gestão dos materiais para a execução da plataforma

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 35) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 35 - Parâmetros de avaliação associados à gestão dos materiais para a execução da plataforma

Parâmetros	Classificação	Valor
Sem complexidade de gestão dos materiais para a execução da plataforma	Muito bom	1
Complexidade pouco significativa de gestão dos materiais para a execução da plataforma	Bom	2
Alguma complexidade de gestão dos materiais para a execução da plataforma	Regular	3
Complexidade significativa de gestão dos materiais para a execução da plataforma	Mau	4
Complexidade muito significativa de gestão dos materiais para a execução da plataforma	Muito mau	5

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.6 Movimentos de terras

Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 35) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 36 - Parâmetros de avaliação relativos aos movimentos de terras

Parâmetros	Classificação	Valor
Equilíbrio de terras	Bom	1
Próximo do equilíbrio de terras	Regular	2
Difícil atingir o equilíbrio de terras	Mau	3

*Classificações obtidas e atribuídas através do Quadro 29

2.2.3.7 Prazos de execução

O prazo de execução previsto para a localização na zona da Ota (**2,5 anos**) é superior em cerca de um ano ao estimado para a localização na zona do CTA (**1,5 anos**) (LNEC, 2008).

2.2.3.8 Estimativa orçamental

A estimativa orçamental para os trabalhos preparatórios da localização na Ota é de **536,7 M€**, enquanto para a localização no CTA é de **204,6 M€** (LNEC, 2008).

2.2.3.9 Oportunidades e riscos

Nestes atributos foi aplicada a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7.

No quadro 37 é apresentado o enquadramento de oportunidades e riscos para a Ota e para o CTA, em relação à preparação dos terrenos para a construção da plataforma (LNEC, 2008).

Quadro 37 - Enquadramento de oportunidades e riscos para a Ota e para o CTA, em relação à preparação dos terrenos para a construção da plataforma

Local	Oportunidades	Riscos
Ota	Plataforma respeitando as exigências de segurança e de funcionalidade do NAL. Elevada	Ocorrência de assentamentos diferenciais da pista Este. Baixo a médio
	Equilíbrio de terras. Elevada	Tratamento de solos aluvionares mais extensivo. Médio a elevado
CTA	Plataforma respeitando as exigências de segurança e de funcionalidade do NAL. Elevada	Obras de drenagem mais extensivas. Baixo
	Equilíbrio de terras. Baixa	Maior volume de materiais e empréstimo. Médio
	Incorporação de materiais não convencionais. Elevada	Dificuldades construtivas associadas a níveis de água suspensos. Baixo a médio

2.2.3.9.1 Oportunidades

Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 22.

2.2.3.9.2 Riscos

Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 23.

2.2.3.10 Classificações de análise para os locais Ota/CTA, para os atributos de geotecnia

De acordo com os quadros e informação apresentado, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 38).

Quadro 38 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes aos indicadores associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma

X2.3 - Atributos associados aos aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X37 - Caracterização geotécnica do local de implantação	Benefício	1	3	Quadro 30
Volume e condições de escavação:				
• X38 - Volume (m³)	Custo	42660000	5854000	Quadro 29
• X39 - Condições de execução	Benefício	4	4	Quadro 31
X40 - Condições de reutilização dos materiais escavados	Benefício	2	4	Quadro 32

X2.3 - Atributos associados a aspetos geotécnicos relativos ao estudo de preparação dos terrenos para a construção da plataforma	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
Volume e condições de execução dos aterros:				
• X41 - Volume (m³)	Custo	49831000	13860000	Quadro 29
• X42 - Condições de execução	Benefício	2	4	Quadro 33
X43 - Tratamentos de solos	Benefício	2	4	Quadro 34
X44 - Gestão dos materiais para a execução da plataforma	Custo	5	3	Quadro 35
X45 - Movimentos de terras	Custo	1	3	Quadro 36
X46 - Prazos de execução (anos)	Custo	2,5	1,5	Quadro 29
X47 - Estimativa orçamental (M€)	Custo	538,7	204,6	Quadro 29
Oportunidades e riscos				
• X48 - Oportunidades	Benefício	6	7	Quadro 22
• X49 - Riscos	Custo	6	4	Quadro 23

2.2.4. Risco sísmico associado ao NAL

O dimensionamento de qualquer infraestrutura é condicionada pelo ambiente sísmico onde se inserem, sendo assim, um aspeto relevante para a construção da plataforma de um aeroporto. Foram considerados os seguintes indicadores: casualidade sísmica, efeitos locais e plausibilidade de ocorrência de fenómenos de liquefação (LNEC, 2008).

2.2.4.1 Casualidade sísmica

De acordo com o Anexo Nacional do Eurocódigo 8 (EC8), a localização da Ota e do CTA situam-se em **zona 1** numa ação sísmica próxima. Para uma ação sísmica afastada a localização da Ota insere-se em zona 3 e o CTA em **zona 2**. Porém, estudos realizados de casualidade sísmica em 1999 mostram que as duas localizações apresentam valores de aceleração sísmica longínqua semelhantes, deste modo, em desacordo com o EC8, para uma ação sísmica afastada a localização da Ota assume classificação de **zona 2** (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 39) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 39 - Parâmetros de avaliação relativos à casualidade sísmica

Parâmetros	Classificação	Valor
Ação sísmica próxima:		
• Zona 3	Bom	1
• Zona 2	Regular	2
• Zona 1	Mau	3
Ação sísmica longínqua:		
• Zona 4	Muito bom	1
• Zona 3	Bom	2
• Zona 2	Regular	3
• Zona 1	Mau	4

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.4.2 Efeitos locais

Para avaliação deste atributo, foram considerados dos vários perfis analisados, o valor máximo de aceleração horizontal à superfície.

A localização da Ota apresenta o valor máximo de aceleração de **5,42** m/s² para ação sísmica do tipo 1 e para a ação sísmica do tipo 2 apresenta uma aceleração de **2,29** m/s². Na localização do CTA são apresentados, para ação sísmica do tipo 1 e tipo 2, valores máximos de aceleração de **2,61** m/s² e **1,39** m/s², respetivamente (LNEC, 2008).

2.2.4.3 Plausibilidade de ocorrência de liquefação

Na localização da Ota, a plausibilidade de ocorrência de liquefação é **muito reduzida**, enquanto para a localização do CTA é **reduzida e localizada** (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 40) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 40 - Parâmetros de avaliação relativos à plausibilidade de ocorrência de liquefação

Parâmetros	Classificação	Valor
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação muito reduzida	Excelente	1
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação reduzida e localizada	Bom	2
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação reduzida	Intermédio	3
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação moderada	Regular	4
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação elevada e localizada	Deficiente	5
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação elevada	Mau	6
Solos de plausibilidade de ocorrência de fenómeno de liquefação muito elevada	Muito mau	7

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.2.4.4 Riscos

Neste atributo foi utilizado a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7. Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 23.

No quadro 41 é apresentado o enquadramento de oportunidades e riscos para a Ota e para o CTA, em relação ao risco sísmico (LNEC, 2008).

Quadro 41 - Enquadramento dos riscos para a Ota e para o CTA, em relação ao risco sísmico

Local	Riscos
Ota	- Potencial amplificação das ações sísmicas devido à presença de solos moles. Médio - Suscetibilidade à liquefação e à mobilidade cíclica. Muito reduzido (reduzido)
CTA	- Suscetibilidade à liquefação e à mobilidade cíclica em zonas localizadas. Reduzido

2.2.4.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de geotecnia

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 42).

Quadro 42 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes ao risco sísmico

X2.4 - Atributos - Risco sísmico	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
Casualidade sísmica:				
• X50 - Ação sísmica tipo 1	Custo	3	3	Zona sísmica
• X51 - Ação sísmica tipo 2	Custo	3	3	Zona sísmica
Efeitos locais:				
• X52 - Ação sísmica tipo 1 (m/s ²)	Custo	5,42	2,61	Aceleração sísmica
• X53 - Ação sísmica tipo 2 (m/s ²)	Custo	2,29	1,39	Aceleração sísmica
X54 - Plausibilidade de ocorrência de liquefação	Custo	1	2	Quadro 39
X55 - Riscos	Custo	3	1	Quadro 22

2.2.5. Risco de afetação do ruído

A avaliação do ruído produzido pelo tráfego aéreo também será considerada. Através de indicadores de ruído resultaram mapas de distribuição de ruído (LNEC, 2008).

2.2.5.1 Avaliação comparada

A figura 9 apresenta a quantificação da população exposta, em ambas as localizações do NAL, para as classes de ruído para o ano de projeto 2050 (LNEC, 2008).

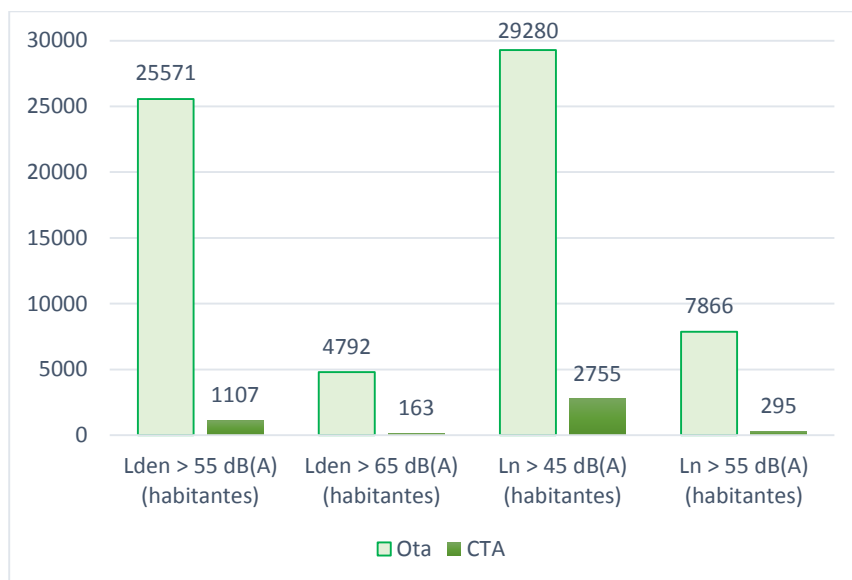


Figura 9 - Comparação da população exposta para o ano 2050

De acordo com a Figura 9, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 43).

Quadro 43 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referente à afetação de ruído

X2.5 - Atributos - Ruído	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X56 - Lden > 55 dB(A) (habitantes)	Custo	25571	1107	Figura 6
X57 - Lden > 65 dB(A) (habitantes)	Custo	4792	163	Figura 6
X58 - Ln > 45 dB(A) (habitantes)	Custo	29280	2755	Figura 6
X59 - Ln > 55 dB(A) (habitantes)	Custo	7866	295	Figura 6

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

2.3 Conservação da natureza e biodiversidade

As componentes ambientais (conservação da natureza e biodiversidade), nos dias de hoje, ganharam cada vez mais importância (LNEC, 2008). Nesta secção são apresentados impactos da construção de um aeroporto na natureza e biodiversidade: as sobreposições com o sistema de áreas classificadas, a estrutura ecológica regional das localizações em estudo, as classes de conservação da biodiversidade nos locais de estudo, os habitats naturais, a fauna existente, os movimentos de aves, espécies de conservação prioritária e oportunidades e riscos associados à conservação da natureza e biodiversidade.

2.3.1 Sistema nacional de áreas classificadas

Neste atributo avaliou-se a sobreposição da área envolvente (< 20 km) de cada uma das localizações propostas para o NAL com o Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC). Para a localização da Ota obteve-se uma sobreposição de **10031 ha**, enquanto na localização do CTA, **18895 ha** (LNEC, 2008).

2.3.2 Estrutura ecológica regional

Com a implantação do NAL, em ambas as localizações, as perspectivas de evolução urbana implicam tendências de perdas de biodiversidade devido à reconversão dos usos agrícolas e florestais (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 44) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 44 - Parâmetros de avaliação relativos à estrutura ecológica regional

Parâmetros	Classificação	Valor
Tendências de perdas de biodiversidade	Sem tendência	1
	Com tendência	2

Neste atributo, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que, poderia, por exemplo, serem utilizadas as áreas com tendência de perdas de biodiversidade em hectares.

2.3.3 Ocupação do solo

Neste atributo foram considerados, para perda de solo favorável e conservação da biodiversidade, dois cenários (pessimista e otimista) para dois anos de projeto diferentes (2017 e 2050). Prevê-se assim para o ano de projeto 2017 (LNEC, 2008):

- Para a localização da Ota, com a plataforma do NAL, perdas de solo favorável à conservação da biodiversidade de **516,7-931,5 ha** (otimista-pessimista);
- Na localização do CTA, prevê-se perdas de **555,0-1466,8 ha** de solo favorável à conservação da biodiversidade.

Para o ano de projeto 2050 (LNEC, 2008):

- Para a localização da Ota, com a plataforma do NAL, perdas de solo favorável à conservação da biodiversidade de **913,5-1764,4 ha** (otimista-pessimista);
- Na localização do CTA, prevê-se perdas de **1466,8-3627,7 ha** de solo favorável à conservação da biodiversidade.

2.3.4 Habitats naturais

A ocupação total de habitats listados na Diretiva 92/43/CEE na área envolvente ao NAL (até 20 km) para a localização Ota é de **22203 ha** e para a localização do CTA é de **82558 ha** (LNEC, 2008).

2.3.5 Flora

O número de espécies florísticas é duas vezes mais elevado na localização da Ota do que no CTA, implicando desta forma que o valor de conservação de flora seja muito superior na envolvente da localização da Ota. Desta forma, a implantação do NAL terá um menor efeito no CTA (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 45) com base nas informações dadas e sustentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 45 - Parâmetros de avaliação relativos ao efeito da implantação do NAL com a flora

Parâmetros	Classificação	Valor
Menores efeitos da implantação do NAL com a flora	Desvantajoso	1
Maiores efeitos da implantação do NAL com a flora	Mais desvantajoso	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

A informação referente aos resultados da avaliação deste atributo, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas. No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para este atributo, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de espécies florísticas, o número de espécies florísticas de conservação prioritária e o número total de espécies florísticas.

2.3.6 Fauna

2.3.6.1 Concentração de aves aquáticas

Na localização da Ota, numa envolvente até 10 km, são identificadas **1544** espécies de aves aquáticas sendo **996** espécies de conservação prioritária, no entanto será necessário destruir/reduzir **1** local de concentração de aves aquáticas. Num raio de 20km, são encontrados nos arrozais cerca de **26000** indivíduos (LNEC, 2008).

Para a localização do CTA, numa envolvente até 10 km, são identificadas **3565** espécies de aves aquáticas sendo, **119** espécies de conservação prioritária, sendo necessário destruir/reduzir **9** locais de concentração de aves aquáticas. Num raio de 20km, são encontrados nos arrozais cerca de **52000** indivíduos (LNEC, 2008).

2.3.6.2 Movimentos de aves

O número total de movimentos de aves na Ota foi similar à CTA (**108,3 versus 102,2**) e o número de indivíduos envolvidos foi superior no CTA (**70,0 versus 104,4** aves por hora). Também no CTA, a abundância de aves de conservação prioritária foi superior (**0,4 versus 0,8**). No que respeita a aves da Diretiva 79/409/CEE as duas localizações são semelhantes (**1,1 versus 1,2**) (LNEC, 2008).

Há movimentos potenciais que podem inferir da ocorrência de concentrações de aves aquáticas que constituem focos de deslocamentos diários dos indivíduos de áreas de alimentação, de movimentos irregulares entre refúgios e de movimentos migratórios. No CTA, os corredores de aterragem e descolagem, de aeronaves sobrepõem-se ou estão muito próximos de importantes concentrações de aves em relação à Ota. As aves poderão atravessar com frequência os corredores de aterragem e descolagem (LNEC, 2008). Para este atributo foi elaborada uma escala classificativa (Quadro 46) com base nas informações dadas e fundamentadas pelo estudo do LNEC.

Quadro 46 - Parâmetros de avaliação relativos à concentração de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões

Parâmetros	Classificação	Valor
Menores concentrações de aves junto dos corredores de aterragem/descolagem	Desvantajoso	1
Maiores concentrações de aves junto dos corredores de aterragem/descolagem	Mais desvantajoso	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

Juntos dos corredores de aterragem e descolagem, os movimentos de aves (maçaricos-de-bico-direito, patos, gaivotas, pombos-torcazes) são mais significativos na localização do CTA do que na localização da Ota (LNEC, 2008).

Quadro 47 - Parâmetros de avaliação relativos aos movimentos de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões

Parâmetros	Classificação	Valor
Menores movimentos de aves junto dos corredores de aterragem/descolagem	Desvantajoso	1
Maiores movimentos de aves junto dos corredores de aterragem/descolagem	Mais desvantajoso	2

*Classificações obtidas e atribuídas através da informação referida

A informação referente aos resultados da avaliação destes atributos, efetuado pelo estudo do LNEC, é fornecido na forma de uma comparação entre alternativas. No entanto, parece-nos que seria preferível obter resultados de avaliação quantitativa, sendo que para estes atributos, poderia, por exemplo, ser utilizado o número de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem e o número movimentos de aves junto dos corredores de descolagem e aterragem.

2.3.6.3 Morcegos

Prevê-se que os impactos do NAL sobre os morcegos, designadamente sobre espécies ameaçadas protegidas pela Diretiva 92/43/CEE, sejam superiores na Ota do que no CTA, registaram-se mais morcegos por ponto de amostragem na localização da Ota (**9,8 versus 4,4**) (LNEC, 2008).

2.3.6.4 Espécies de conservação prioritária

Inventariaram-se 41 espécies de conservação prioritária que cumpriam os atributos de seleção adotados no estudo. Para **11** destas espécies, os impactos do NAL no CTA, devem ser superiores aos da Ota, acontecendo o contrário para **9** espécies (LNEC, 2008).

2.3.7 Oportunidades e riscos

Nestes atributos foi aplicada a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7.

2.3.7.1 Oportunidades

No quadro 48 apresenta o enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade (LNEC, 2008). Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 22.

Quadro 48 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade

Ota	CTA
<ul style="list-style-type: none"> • Criação de uma cintura verde na envolvente do NAL, incluindo áreas biologicamente importantes como o Canhão da Ota, no âmbito das medidas de compensação de impactes. (Elevada) • Implementação de ações de fomento e recuperação de habitats naturais e espécies ameaçadas. (Média) • Reordenamento da rede de espaços naturais na envolvente do NAL, no âmbito dos Planos Regionais de Ordenamento do Território, conferindo-lhes maior coerência funcional e maior grau de proteção legal. (Baixa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de uma zona tampão para o Sítio de Importância Comunitária (SIC)/Zona de Proteção Especial (ZPE) do Estuário do Tejo, incluindo as áreas ecologicamente mais importantes da sua envolvente, no âmbito das medidas de compensação de impactes. (Elevada) • Inclusão na SIC/ZPE do Estuário do Tejo da área do CTA não afetada pela implantação do NAL e infraestruturas associadas. (Elevada) • Implementação de ações de fomento e recuperação de habitats naturais e espécies ameaçadas, especialmente charcos temporários e urzais higrófilos. (Média) • Alargamento da Reserva Natural do Estuário do Tejo, de forma a coincidir com a ZPE/SIC, o qual tem vindo a ser estudado pelo Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, I.P. (ICNB). (Média) • Reordenamento da rede de espaços naturais na envolvente do NAL, no âmbito dos Planos Regionais de Ordenamento do Território, conferindo-lhes maior coerência funcional e maior grau de proteção legal. (Baixa)

2.3.7.2 Riscos

No quadro 49 é apresentado o enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade (LNEC, 2008). Para determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 23.

Quadro 49 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva da conservação da natureza e biodiversidade

Ota	CTA
<ul style="list-style-type: none"> • Redução da qualidade ecológica da Bacia Alenquer – Ota, implicando prováveis declínios populacionais de espécies piscícolas ameaçadas. (Elevada) • Destruição de populações de espécies de conservação imperativa, designadamente <i>Leuzea longifolia</i> (Elevada) • Redução das áreas de alimentação de morcegos cavernícolas ameaçados que utilizam abrigos no Sítio de Importância Comunitário (SIC) da Serra de Montejunto. (Média) • Aceleração dos processos em curso na região de perca e degradação de ecossistemas e habitats de espécies relevantes, fora do Sistema Nacional de Áreas Classificadas, especialmente carrascais, carvalhais, matos baixos e relvados de <i>Brachypodium phoenicoides</i> sobre solos carbonatados e restantes elementos sobre solos ácidos. (Média) • Interferência com movimentos de aves. (Baixa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição dos habitats naturais sensíveis na zona de construção, em especial lagoas temporárias e vegetação higrófila de solos ácidos. (Elevada) • Impactes negativos devido ao sobrevoo a altitude relativamente baixa (< 2000 pés) da ZPE do Estuário do Tejo. (Média) • Eventual atravessamento da ZPE/SIC do Estuário do Tejo por novas vias ferroviárias e rodoviárias, implicando a perca e fragmentação de áreas naturais importantes. (Média) • Progressivo isolamento da ZPE/SIC do Estuário do Tejo relativamente a outras áreas naturais, com a consequente perca generalizada de biodiversidade. (Média) • Progressiva perca e fragmentação de montados na envolvente do NAL, devido à implantação das estruturas rodoviária e ferroviária de acesso, ao crescimento da cidade aeroportuária e ao desenvolvimento urbano. (Média) • Interferência com movimentos de aves aquáticas. (Média) • Aceleração dos processos em curso na região de perca e degradação de ecossistemas e habitats de espécies relevantes, fora do Sistema Nacional de Áreas Classificadas, especialmente lagoas temporárias e vegetação higrófila de solos ácidos. (Baixa)

2.3.8 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de conservação de biodiversidade

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 50).

Quadro 50 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, referentes à conservação da natureza e biodiversidade

FCD3 - Atributos de conservação da natureza e da biodiversidade	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X3.1/X60 - Sistema nacional de áreas classificadas (ha)	Custo	10031	18895	Intersecção com s.n. áreas classificadas
X3.2/X61 - Estrutura ecológica regional	Custo	2	2	Quadro 44
X3.3 - Ocupação do solo (ha):				
• X62 - Cenário otimista 2017;	Custo	516,7	555,0	Perdas de solo de cons. da nat. e biodiv
• X62 - Cenário otimista 2050;	Custo	931,5	1466,8	Perdas de solo de cons. da nat. e biodiv
• X63 - Cenário pessimista 2017;	Custo	931,5	1466,8	Perdas de solo de cons. da nat. e biodiv
• X63 - Cenário pessimista 2050;	Custo	1764,4	3627,7	Perdas de solo de cons. da nat. e biodiv
X3.4/X64 - Habitats naturais (ha)	Custo	22203	82558	Área ocupada por habitats naturais
X3.5/X65 - Flora	Custo	2	1	Quadro 45
X3.6 - Fauna:				
X66 - Concentração de aves aquáticas	Custo	1544	3565	Nº de espécies
Movimentos de aves:				
• X67 - Total de movimentos de aves	Custo	108,3	102,2	Nº de movimentos/210h
• X68 - Nº de indivíduos por hora	Custo	70	104,4	aves/hora
• X69 - Aves de conservação prioritária	Custo	0,4	0,8	-
• X70 - Aves da diretiva 79/409/CEE	Custo	1,1	1,2	-
• X71 - Concentração de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões	Custo	1	2	Quadro 50
• X72 - Movimentos de aves junto dos corredores de aterragem e descolagem de aviões	Custo	1	2	Quadro 51
X73 - Morcegos	Custo	9,8	4,4	-
X74 - Espécies de conservação prioritária	Custo	9	11	Nº de espécies
X3.7 - Oportunidades e riscos				
• X75 - Oportunidades	Benefício	6	8	Quadro 21
• X76 - Riscos	Custo	12	15	Quadro 22

2.4 Sistemas de transportes terrestres e acessibilidades

A consideração do sistema de transportes terrestres e acessibilidades deve-se à sua importância estratégica na decisão da localização do NAL. Este sistema envolve a análise de possibilidades alternativas de acesso, bem como a sua adequabilidade e integração numa perspectiva de sustentabilidade do sistema (LNEC, 2008).

Dentro dos vários cenários estudados pelo LNEC para a classificação dos custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades, do tempo gasto pelos passageiros e dos problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários a Lisboa, consideraram-se dois cenários para a Terceira Travessia do Tejo (TTT) em anos de projeto diferentes (2017 e 2050): o primeiro cenário considerou a TTT rodoferroviária, enquanto o segundo cenário considerou a TTT exclusivamente ferroviária. Também se considerou dentro das várias hipóteses estudadas pelo LNEC, a hipótese com maior preocupação ambiental e maior penalização dos modos de transporte mais poluentes admitindo ainda a hipótese de estagnação do tráfego rodoviário.

Nesta secção são apresentados os custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades, o tempo gasto pelos passageiros, problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários a Lisboa e oportunidades e riscos associados ao sistema de transportes terrestres e acessibilidades.

2.4.1 Custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades

Este atributo foi definido em termos dos percursos totais resultantes de cada uma das localizações do NAL, referentes a veículos de passageiros e de carga (indicador: veículos – km anuais) (LNEC, 2008).

Para o 1º cenário:

- No ano de projeto de 2017, a localização da Ota prevê **787,06 M** de veículos – km anuais; a localização do CTA prevê **846,41 M** de veículos – km anuais.
- No ano de projeto de 2050, a localização da Ota prevê **1509,12 M** de veículos – km anuais; para a localização do CTA prevê-se **1610,43 M** de veículos – km anuais.

Para o 2º cenário:

- No ano de projeto de 2017, a localização da Ota prevê **787,06 M** de veículos – km anuais; a localização do CTA prevê **846,41 M** de veículos – km anuais.
- No ano de projeto de 2050, a localização da Ota prevê **1509,12 M** de veículos – km anuais; para a localização do CTA prevê-se **1610,43 M** de veículos – km anuais.

2.4.2 Tempo gasto pelos passageiros

Este atributo avalia o tempo total gasto pelos passageiros, na totalidade dos modos de transporte, no acesso/regresso ao NAL (LNEC, 2008).

Para o 1º cenário:

- No ano de projeto 2017, para a localização da Ota prevê-se **14,06** M de passageiros-hora anuais; a localização do CTA prevê **14,81** M de passageiros-hora anuais.
- No ano de projeto 2050, para a localização da Ota prevê-se **25,53** M de passageiros-hora anuais; a localização do CTA prevê **26,77** M de passageiros-hora anuais.

Para o 2º cenário:

- No ano de projeto 2017, para a localização da Ota prevê-se **14,06** M de passageiros-hora anuais; a localização do CTA prevê **14,82** M de passageiros-hora anuais.
- No ano de projeto 2050, para a localização da Ota prevê-se **25,53** M de passageiros-hora anuais; a localização do CTA prevê **26,81** M de passageiros-hora anuais.

2.4.3 Problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários a Lisboa

Os problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários a Lisboa são definidos pelo indicador quantitativo (número de acidentes corporais no percurso a Lisboa) de fiabilidade dos tempos de percurso nos acessos rodoviários a Lisboa (LNEC, 2008).

Para o 1º cenário:

- No ano de projeto 2017 prevê-se **191** acidentes para a localização da Ota e **119** acidentes para a localização do CTA.
- No ano de projeto 2050, prevê-se **223** acidentes para a localização da Ota e **168** acidentes para a localização do CTA.

Para o 2º cenário:

- No ano de projeto 2017, prevê-se **191** acidentes para a localização da Ota e **145** acidentes para a localização do CTA.
- No ano de projeto 2050, para a localização da Ota prevê-se **223** acidentes; e **194** acidentes para a localização do CTA.

2.4.4 Oportunidades e riscos

A classificação destes atributos foi estabelecida pela quantidade de oportunidades ou riscos apresentados.

2.4.4.1 Oportunidades

No quadro 51 é apresentado o enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades (LNEC, 2008).

Quadro 51 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades

Ota	CTA
<ul style="list-style-type: none"> i. Melhorar a conectividade com o eixo Lisboa – Porto; melhor ligação deste eixo ao exterior. ii. Reforçar o desenvolvimento dos polos urbanos de Torres Vedras, Santarém e Leiria, mediante efeito conjugado com a A8 e a rede de alta velocidade ferroviária. iii. Potenciar o desenvolvimento económico e turístico da Região Oeste. iv. Reformular e eventualmente aumentar a oferta nos serviços ferroviários urbanos e regionais na Linha do Norte / Linha da Azambuja / Linha de Cintura, com possíveis efeitos positivos na repartição modal. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Melhorar a conectividade com o eixo Lisboa – Elvas; melhor ligação deste eixo ao exterior. ii. Potenciar o desenvolvimento dos polos urbanos de Setúbal e de Évora. iii. Potenciar o desenvolvimento turístico da Região do Alentejo. iv. Potenciar a articulação logística do C. C. A. com os Portos e com a Plataforma Urbana Nacional do Poceirão. v. Aumentar a oferta ferroviária Pinhal Novo – Linha de Cintura e reformulação de serviços na Linha do Alentejo, com possíveis efeitos positivos na repartição modal. vi. Reformular a interface do Pinhal Novo.

2.4.4.2 Riscos

No quadro 52 é apresentado o enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades (LNEC, 2008).

Quadro 52 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades

Ota	CTA
<ul style="list-style-type: none"> i. Congestionamento mais frequente e de gravidade acentuada nos acessos Norte a Lisboa, designadamente na A1 e na A8. ii. Impacte direto elevado nos tempos de percurso do tráfego rodoviário geral que usa os últimos lanços destas autoestradas. ii. Baixa fiabilidade do tempo de percurso rodoviário entre Lisboa e o NAL. 	<ul style="list-style-type: none"> i. Congestionamento mais frequente na Ponte Vasco da Gama, em especial se a Terceira Travessia do Tejo (TTT) Chelas-Barreiro não tiver componente rodoviária. ii. No caso da TTT exclusivamente ferroviária, fiabilidade mais baixa do tempo de percurso entre Lisboa e o NAL e impacte nos tempos de percurso do tráfego rodoviário geral que usa a Ponte Vasco da Gama.

2.4.5 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades

De acordo com os quadros e informação apresentados, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 53).

Quadro 53 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, relativo aos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades

FCD4 - Atributos dos sistemas de transportes terrestres e acessibilidades	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X4.1 - Custos de operação da componente rodoviária e respetivas externalidades:				
•X77 - 1ºCenário - 2017	Custo	787,06	846,41	Veículos-km anual
•X77 - 1ºCenário - 2050	Custo	1509,12	1610,43	Veículos-km anual
•X78 - 2ºCenário - 2017	Custo	787,06	846,41	Veículos-km anual
•X78 - 2ºCenário - 2050	Custo	1509,12	1610,43	Veículos-km anual
X4.2 - Tempo gasto pelos passageiros:				
•X79 - 1ºCenário - 2017	Custo	14,06	14,81	Passageiros-hora anual
•X79 - 1ºCenário - 2050	Custo	25,53	26,77	Passageiros-hora anual
•X80 - 2ºCenário - 2017	Custo	14,06	14,82	Passageiros-hora anual
•X80 - 2ºCenário - 2050	Custo	25,53	26,81	Passageiros-hora anual
X4.3 - Problemas de fiabilidade dos tempos de percursos nos acessos rodoviários:				
•X81 - 1ºCenário - 2017	Custo	191	119	Nº de acidentes
•X81 - 1ºCenário - 2050	Custo	223	168	Nº de acidentes
•X82 - 2ºCenário - 2017	Custo	191	145	Nº de acidentes
•X82 - 2ºCenário - 2050	Custo	223	194	Nº de acidentes
X4.4 - Oportunidades e riscos				
•X83 - Oportunidades	Benefício	4	6	Nº de critérios
•X84 - Riscos	Custo	3	2	Nº de critérios

2.5 Ordenamento do território e desenvolvimento regional

O domínio do ordenamento do território é caracterizado pelo seu enfoque transversal, estabelecendo relações com todas as áreas temáticas que constituem o sistema territorial: o meio físico, a população, as atividades, as infraestruturas e equipamentos coletivos, o marco legal e institucional (LNEC, 2008). Nesta secção são apresentados os seguintes atributos: dinâmica demográfica, ocupação e uso do solo, dinâmica económica empresarial, dinâmica urbana e oportunidades e riscos associados ao ordenamento do território e desenvolvimento regional.

2.5.1 Situação existente e avaliação de tendências

No quadro 54 encontram-se sintetizados os resultados da análise dos locais Ota e CTA para os parâmetros dinâmica demográfica, ocupação do solo, dinâmica urbana e dinâmica económica e empresarial, avaliando a região local (raio < 25km) e a Região Polarizada Metropolitana definida pelo Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROTAML) (raio < 100 km) (LNEC, 2008).

Quadro 54 - Resumo dos resultados da análise da avaliação estratégica dos locais CTA e Ota para os parâmetros dinâmica demográfica, ocupação do solo, dinâmica urbana e dinâmica económica e empresarial

Raio	Indicador	Ano	Fonte	OTA	CTA
25 km	Dinâmica demográfica				
	• População Residente - 2017	2017	INE	367850	167099
	• População Residente - 2050	2050	INE	343668	151795
	• População Ativa	2001	INE	160200	80015
	Ocupação e uso do solo				
	• Área definida pelos PMOT – Classe de Espaço (ha)	2007	DGOTDU	7608,9	8402,8
	Dinâmica urbana				
	• População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)	2001	INE/ DGOTDU	266193	137663
	• População Residente em Lugares com > 5.000 habitantes - 2017	2017	INE	191105	79240
	• População Residente em Lugares com > 5.000 habitantes - 2050	2050	INE	179218	70938
	• Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde	2004	MS	473	134

Quadro 54 (cont) - Resumo dos resultados da análise da avaliação estratégica dos locais CTA e Ota para os parâmetros dinâmica demográfica, ocupação do solo, dinâmica urbana e dinâmica económica e empresarial

Raio	Indicador	Ano	Fonte	OTA	CTA
100 km	Dinâmica demográfica				
	• População Residente – 2017	2017	INE	4014811	3934430
	• População Residente – 2050	2050	INE	3666157	3579518
	• População Ativa	2001	INE	1940732	1907799
	Dinâmica urbana				
	• População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)	2001	INE/DGOTDU	3497291	3394190
	• População Residente em Lugares com > 5.000 habitantes - 2017	2017	INE	2380414	2357558
	• População Residente em Lugares com > 5.000 habitantes - 2050	2050	INE	2182146	2151951
	• Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde	2004	MS	10505	9686
	Dinâmica económica e empresarial				
	• Pessoal ao Serviço nas Sociedades	2004	INE	545059	522520
	• Capacidade de Alojamento em Hotelaria Convencional	2005	INE	65583	66142
	• Volume de Vendas – 500 maiores empresas (10 ³ €)	2006	EXAME	69653388	70054609

2.5.2 Oportunidades e riscos

Nestes atributos foi aplicada a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7.

2.5.2.1 Oportunidades

Para determinação destes atributos foi utilizado o Quadro 22.

2.5.2.2.1 Dinâmica demográfica

Relativamente à dinâmica demográfica a localização da Ota apresenta a oportunidade de aproveitamento dos recursos humanos (quantidade e qualidade), capital humano, capital social e capital criativo disponível no Oeste e Centro Litoral: grande potencial de resposta às solicitações (**Oportunidade Elevada**) (LNEC, 2008).

A localização do CTA apresenta aproveitamento e dinamização do potencial humano disponível na Península de Setúbal, contribuindo para o maior equilíbrio territorial no desenvolvimento da Área Metropolitana de Lisboa (**Oportunidade Média**) (LNEC, 2008).

2.5.2.2.2 Ocupação e uso do solo

Com a implantação do NAL na localização da Ota possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Impulso para a requalificação e renovação das atividades industriais no corredor Carregado-Azambuja, com aproveitamento de infraestruturas desafetadas (**Oportunidade Média**).

Com a implantação do NAL na localização do CTA possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Contribuir para acelerar a recuperação de áreas industriais desocupadas nos concelhos da Península de Setúbal que mais sofreram com a desindustrialização: Barreiro, Seixal, Moita, Montijo (objetivo específico 3.3 do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT)). Note-se que esta oportunidade pode ser enfraquecida se se optar pela edificação de uma “cidade aeroportuária” de amplo conteúdo funcional (**Oportunidade Elevada**).
- Permitir a implantação, sem restrições de reservas de solo, de uma “cidade aeroportuária” e garantir um eventual aumento do número de pistas (**Oportunidade Elevada**).
- Criação de uma vasta área de reserva integral com múltiplas valências, com enquadramento legal e plano de ordenamento e gestão adequados, abrangendo, nomeadamente: espaços dedicados à conservação da natureza e biodiversidade, o montado, o aquífero do Baixo Tejo/Península de Setúbal e os solos agrícolas de maior valor (**Oportunidade Elevada**).

2.5.2.2.3 Dinâmica Económica e Empresarial

A implantação do NAL na localização da Ota possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Aproveitamento do potencial de empreendedorismo que se manifesta no Oeste e no Centro Litoral. (**Oportunidade Elevada**).
- Impulso ao desenvolvimento de uma grande zona logística, articulando-se com os portos de Lisboa/Setúbal/Sines e as plataformas logísticas de Castanheira do Ribatejo, Poceirão e outros centros de logística na margem Norte e na margem Sul. (**Oportunidade Média**).
- Impulso ao desenvolvimento turístico do Oeste, designadamente dos produtos Golfe e Resorts Internacionais, apostas do PENT para a região (**Oportunidade Média**).

A implantação do NAL na localização do CTA possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Promoção da qualificação funcional da Península de Setúbal **(Oportunidade Elevada)**.
- Impulso ao desenvolvimento de uma grande zona logística, articulando-se com os Portos de Lisboa/Setúbal/Sines e as plataformas logísticas da Castanheira do Ribatejo, Poceirão e outros centros de logística na margem Norte e na margem Sul. **(Oportunidade Média)**.
- Impulso ao desenvolvimento turístico do Alentejo Litoral, designadamente dos produtos Sol e Mar e Golfe, principais apostas do PENT para a região. **(Oportunidade Média)**.

2.5.2.2.4 Dinâmica urbana

A implantação do NAL na localização da Ota possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Acelerar a afirmação do “sistema metropolitano do Centro Litoral” (medida prioritária do Objetivo Específico 2.3 do PNPOT) **(Oportunidade Elevada)**.
- Promoção do desenvolvimento policêntrico do Oeste, do Centro Litoral e do Vale do Tejo (resposta aos objetivos específicos 1, 2 e 3 do objetivo estratégico nº 3, PNPOT) **(Oportunidade Elevada)**.
- “Reforço da atratividade e competitividade do país, orientando a consolidação de uma área urbana consistente, de dimensão internacional, através da interligação física e temporal das duas áreas metropolitanas e do espaço litoral intermédio” QREN – PO Temático Valorização do Território, Eixo I – Redes e Equipamentos Nacionais Estruturantes de Transportes **(Oportunidade Elevada)**.
- Promoção da qualificação funcional de alguns territórios a norte da AML. **(Oportunidade Média)**.

A implantação do NAL na localização do CTA possibilitará as seguintes oportunidades (LNEC, 2008):

- Promoção do desenvolvimento policêntrico do Alentejo Litoral e da Lezíria do Tejo (resposta aos objetivos específicos 1, 2 e 3 do objetivo estratégico nº 3, PNPOT) **(Oportunidade Elevada)**.
- Melhor aproveitamento do potencial de desenvolvimento do eixo Vendas Novas, Montemor-o-Novo, Évora. **(Oportunidade Média)**.

2.5.2.3 Riscos

Para determinação destes atributos foi utilizado o Quadro 23.

2.5.2.3.1 Dinâmica Demográfica

Relativamente à dinâmica demográfica, ambas as localizações não apresentam riscos (LNEC, 2008).

2.5.2.3.2 Ocupação e Uso do Solo

A implantação do NAL na localização da Ota serão potencializados os seguintes riscos (LNEC, 2008):

- Dificuldade em acomodar uma “cidade aeroportuária” segundo um modelo de área extensa e contigua ao aeroporto (**Risco Médio**).

Com a implantação do NAL na localização do CTA serão potencializados os seguintes riscos (LNEC, 2008):

- Perigo de se desvirtuar o sentido de cidade aeroportuária, instalando-se na sombra do aeroporto sobretudo atividades que procuram solos baratos (resultantes da servidão à infraestrutura aeroportuária) e boa acessibilidade, nomeadamente grandes superfícies e parques temáticos, como se tem observado em aeroportos da Europa, América e Ásia. Com consequências muito negativas no ordenamento do território e no aumento do tráfego rodoviário (**Risco Elevado**).

2.5.2.3.3 Dinâmica económica e empresarial

Relativamente à dinâmica económica e empresarial, ambas as localizações não apresentam riscos (LNEC, 2008).

2.5.2.3.4 Dinâmica Urbana

A implantação do NAL na localização da Ota possibilitará os seguintes riscos (LNEC, 2008):

- Incentivar um modelo de urbanização difusa no Oeste (**Risco Elevado**).
- Aumentar o congestionamento do eixo Carregado-Vila Franca de Xira-Lisboa (**Risco Médio**).
- Acentuar os desequilíbrios entre a AML Norte e a AML Sul (**Risco Baixo**).

A implantação do NAL na localização do CTA possibilitará os seguintes riscos (LNEC, 2008):

- Aumento dos custos de transporte associados ao atravessamento do Tejo, face à maior concentração de pessoas e de empresas a Norte do Tejo (**Risco Médio**).

2.5.3 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de ordenamento do território e desenvolvimento regional

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 55).

Quadro 55 - Resumo das classificações de para os locais Ota/CTA, para o ordenamento do território e desenvolvimento regional

FCD 5 - Atributos de ordenamento do território e desenvolvimento regional	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X5.1 - Situação existente e avaliação de tendências para a região local (< 25 km)				
Dinâmica demográfica				
• X85 - População Residente - 2017	Benefício	367850	167099	Quadro 54
• X85 - População Residente - 2050	Benefício	343668	151795	Quadro 54
• X86 - População Ativa	Benefício	160200	80015	Quadro 54
• X87 - Área definida pelos PMOT (Classe de Espaço) – total (ha)	Benefício	7608,9	8402,8	Quadro 54
Dinâmica urbana				
• X88 - População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)	Benefício	266193	137663	Quadro 54
• X89 - População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes – 2017	Benefício	191105	79240	Quadro 54
• X89 - População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes – 2050	Benefício	179218	70938	Quadro 54
• X90 - Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde	Benefício	473	134	Quadro 54

Quadro 55 (cont) - Resumo das classificações de para os locais Ota/CTA, para o ordenamento do território e desenvolvimento regional

FCD 5 - Atributos de ordenamento do território e desenvolvimento regional	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X5.2 - Situação existente e avaliação de tendências para a região global (< 100 km)				
Dinâmica demográfica				
• X91 - População Residente – 2017	Benefício	4014811	3934430	Quadro 54
• X91 - População Residente – 2050	Benefício	3666157	3579518	Quadro 54
• X92 - População Ativa	Benefício	1940732	1907799	Quadro 54
Dinâmica urbana				
• X93 - População Residente em Áreas Predominantemente Urbanas (APU) e Áreas Medianamente Urbanas (AMU)	Benefício	3497291	3394190	Quadro 54
• X94 - População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes – 2017	Benefício	2380414	2357558	Quadro 54
• X94 - População Residente em Lug. com > 5.000 habitantes – 2050	Benefício	2182146	2151951	Quadro 54
• X95 - Camas em Unidades de Internamento do Serviço Nacional de Saúde	Benefício	10505	9686	Quadro 54
Dinâmica económica e empresarial				
• X96- Pessoal ao Serviço nas Sociedades	Benefício	545059	522520	Quadro 54
• X97 - Capacidade de Alojamento em Hotelaria Convencional	Benefício	65583	66142	Quadro 54
• X98 - Volume de Vendas – 500 maiores empresas (10 ³ €)	Benefício	69653388	70054609	Quadro 54
X5.3 - Oportunidades e riscos				
Oportunidades				
• X99 - Dinâmica demográfica	Benefício	3	2	Quadro 22
• X100 - Ocupação e uso do solo	Benefício	2	9	Quadro 22
• X101 - Dinâmica económica e empresarial	Benefício	7	7	Quadro 22
• X102 - Dinâmica urbana	Benefício	11	5	Quadro 22
Riscos				
• X103 - Ocupação e uso do solo	Custo	2	3	Quadro 23
• X104 - Dinâmica urbana	Custo	6	2	Quadro 23

2.6 Competitividade e desenvolvimento económico e social

Nesta secção são apresentados os impactos económicos e sociais expectáveis do NAL (ganhos de emprego), as áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL (exportações per capita, emprego nas empresas com capital estrangeiro, fatores chave de competitividade industrial e nível tecnológico das indústrias), oportunidades e riscos associados à competitividade e desenvolvimento económico e social.

2.6.1 Os impactos económicos e sociais expectáveis do NAL

A área metropolitana e as áreas de vizinhança ou influência restrita do novo aeroporto nas localizações alternativas, Ota e CTA, permitem evidenciar as seguintes grandes conclusões (LNEC, 2008):

- Os *ganhos de emprego global adicional*, na economia portuguesa e na grande região de polarização de Lisboa seriam, respetivamente, de **65500** e **50100** empregos, em 2050;
- Os *ganhos de emprego global adicional*, na economia portuguesa e na grande região de polarização de Lisboa, no pressuposto que se alcançam as previsões de tráfego consideradas, seriam, respetivamente, de **81800** e **58900** empregos, em 2050.
- Os *ganhos de emprego indireto* e induzido nas áreas de influência restrita das duas localizações alternativas, situar-se-iam, com base nos mesmos pressupostos, entre 2300-3600 (**2950**) para a Ota e 3400-5100 (**4250**) para o CTA, em 2050 (para classificação deste atributo recorreu-se á média dos valores);

2.6.2 As áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL

Para avaliação deste atributo, consideram-se os valores de exportação per capita, a percentagem de emprego nas empresas com capital estrangeiro, os fatores chave de competitividade industrial e o nível tecnológico das indústrias.

No quadro 56 são sintetizados os resultados da análise das áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL dos locais CTA e Ota (LNEC, 2008).

Quadro 56 - Resumo dos resultados da análise das áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL

As áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL:	Ota	CTA
Exportações per capita (Portugal=100)	175	238
Emprego nas empresas com capital estrangeiro (%)	15	19
Fatores chave de competitividade industrial (Portugal=100):		
• Custo trabalho	150	110
• Recursos naturais	37	30
• Economia escala	125	188
• Diferenciação produto	60	67
• Intensidade I &D	110	162
Índice do nível tecnológico das indústrias (indicador de especialização/ Σ indicador de especialização):		
• Baixo	0,2152	0,1267
• Médio-Baixo	0,2278	0,1520
• Médio-Alto	0,3797	0,4094
• Alto	0,1772	0,3119

2.6.3 Oportunidades e riscos

Nestes atributos foi aplicada a mesma metodologia utilizada em 2.2.1.7.

2.6.3.1 Oportunidades

Para a determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 22.

No quadro 57 é apresentado o enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, na perspetiva da competitividade e desenvolvimento económico e social (LNEC, 2008).

Quadro 57 - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social

OPORTUNIDADES	Ota	CTA
Eixos predominantes expansão	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento do eixo litoral a Norte de Lisboa, mais “doméstico”, estreitando a interação entre a área metropolitana e os polos urbanos mais dinâmicos do Baixo Mondego e do Pinhal Litoral, do Oeste e do Médio Tejo (Elevado) 	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento do eixo a Nascente/Sul de Lisboa, mais “internacional”, no quadro mais geral da intensificação do relacionamento dinâmico entre as regiões capitais da península ibérica, estreitando a interação com os polos de vocação logística e industrial da península de Setúbal e do Alentejo Central (Vendas Novas / Évora e Elvas-Badajoz) (Elevado)
Principais atividades emergentes	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento complexo de uma “cidade-aeroporto” necessariamente polinucleada, com limitações de espaço e competitividade-custo, realizada num perfil temporal de “big bang” (Elevado) Potenciação do desenvolvimento de produtos das atividades primárias inseridos em lógicas de resposta rápida às necessidades dos mercados internacionais (Média) Potenciação da articulação entre diferentes polos logísticos a Norte e a Sul do Tejo reforçando a respetiva competitividade e qualidade (Elevado) Geração de uma base de suporte ao desenvolvimento do turismo mais concentrada nos territórios a Norte do Tejo (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilidade efetiva de aproximação a um modelo de “cidade-aeroporto” bastante qualificado, ordenado, competitivo e sem restrições de espaço, num perfil temporal de “mounting wave” (Elevado) Potenciação relevante do desenvolvimento de infraestruturas, atividades e serviços logísticos de vocação mais internacional, favorecendo a articulação dos portos de Lisboa, Setúbal e Sines em articulação com a nova plataforma logística do Poceirão, servindo Lisboa e Madrid (Elevado) Geração de uma base de suporte espacialmente equilibrada ao desenvolvimento do turismo no eixo Lisboa-Estoril/Sintra/Cascais e nos polos emergentes do Oeste e do Alentejo Litoral (Média)

Quadro 57 (cont) - Enquadramento de oportunidades para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social

OPORTUNIDADES	Ota	CTA
Processos requalificação regeneração	<ul style="list-style-type: none"> Reordenamento e qualificação das áreas logísticas terrestres de suporte às dinâmicas de consumo das áreas metropolitana de Lisboa (Azambuja / Carregado / Castanheira do Ribatejo) (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Suporte à regeneração dos espaços libertados na Península de Setúbal pelo processo de desindustrialização (Barreiro / Moita / Montijo) e criação de alternativas de emprego a uma eventual perda de velocidade do cluster automóvel no eixo Setúbal-Palmela (Elevado)
Valorização recursos	<ul style="list-style-type: none"> Favorecimento de um modelo mais articulado entre as realidades urbanas e rurais induzindo formas mais modernas de valorização dos recursos naturais (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Mobilização dos recursos humanos disponíveis em quantidade e qualidade na Península de Setúbal para novas oportunidades de desenvolvimento económico e social (Média)
Configuração área metropolitana	<ul style="list-style-type: none"> Favorecimento da afirmação de alguns dos polos urbanos atualmente exteriores à área metropolitana em lógicas policêntricas e de rede (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Favorecimento do reequilíbrio da área metropolitana de Lisboa em torno do Tejo dando corpo á materialização do objetivo estratégico da “cidade das duas margens” e à redução da pressão dos movimentos pendulares Sul-Norte (Elevado)

2.6.3.2 Riscos

Para a determinação deste atributo foi utilizado o Quadro 23.

No quadro 58 é apresentado o enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, na perspetiva da competitividade e desenvolvimento económico e social (LNEC, 2008).

Quadro 58 - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social

RISCOS	Ota	CTA
Captação fluxos tráfego	<ul style="list-style-type: none"> Incapacidade de gerar suficientes condições de atratividade para os diferentes operadores da mobilidade aérea, indispensável para alcançar as funções qualificadas de intermediação procuradas para o NAL (Média) Incapacidade de desenvolver soluções integradas de mobilidade que minimizem a distância do aeroporto às áreas centrais da cidade de Lisboa (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Incapacidade de desenvolver soluções integradas de mobilidade de passageiros que minimizem a distância do aeroporto às áreas centrais da cidade de Lisboa (Média)

Quadro 58 (cont) - Enquadramento de riscos para a Ota e para o CTA, relativo à competitividade e desenvolvimento económico e social

RISCOS	Ota	CTA
Eixos predominantes de desequilíbrio	<ul style="list-style-type: none"> Reforço do desequilíbrios na área metropolitana de Lisboa entre a regiões a Norte e a Sul do Tejo (Elevada) 	<ul style="list-style-type: none"> Reprodução de más práticas de ordenamento do território e de proteção da natureza pode comprometer um desenvolvimento ambiental exemplar do projeto do NAL (Média)
Mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> Reforço do congestionamento e do (des)ordenamento no eixo Norte da área metropolitana de Lisboa (Azambuja/ Carregado/Vila Franca de Xira – Lisboa) (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Custo e fiabilidade das travessias do Tejo (embora o seu desenvolvimento esteja previsto, independentemente da localização do NAL) (reduzido)
Desenvolvimento urbano	<ul style="list-style-type: none"> Reforço das tendências de expansão da área metropolitana, na lógica das funções residenciais menos qualificadas (Média) 	<ul style="list-style-type: none"> Pressão imobiliária, apoiada na procura, no sentido da expansão significativa da mancha residencial entre a zona ribeirinha e o território mais próximo da localização do NAL (Média)

2.6.4 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de competitividade e desenvolvimento económico e social

De acordo com os quadros e informação apresentados, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações (Quadro 59).

Quadro 59 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, para a competitividade e desenvolvimento económico e social

FCD6 - Atributos de competitividade e desenvolvimento económico e social	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X6.1 - Os impactos económicos e sociais expectáveis do NAL				
<ul style="list-style-type: none"> X105 - Ganhos de emprego global adicional com base na economia portuguesa 	Benefício	65500	50100	Nº empregos
<ul style="list-style-type: none"> X106 - Ganhos de emprego global adicional com base nos multiplicadores da economia alemã 	Benefício	81800	58900	Nº empregos
<ul style="list-style-type: none"> X107 - Ganhos de emprego indireto 	Benefício	2950	4250	Nº empregos
X6.2 - As áreas de influência restrita das localizações alternativas em estudo para o NAL:				
X108 - Exportações per capita	Benefício	175	238	Quadro56
X109 - Emprego nas empresas com capital estrangeiro	Benefício	15	19	Quadro56

Quadro 59 (cont) - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, para a competitividade e desenvolvimento económico e social

FCD6 - Atributos de competitividade e desenvolvimento económico e social	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
Fatores chave de competitividade industrial				
• X110 - Custo trabalho	Benefício	150	110	Quadro56
• X111 - Recursos naturais	Benefício	37	30	Quadro56
• X112 - Economia escala	Benefício	125	188	Quadro56
• X113 - Diferenciação produto	Benefício	60	67	Quadro56
• X114 - Intensidade I &D	Benefício	110	162	Quadro56
Nível tecnológico das indústrias:				
• X115 - Baixo	Benefício	0,2152	0,1267	Quadro56
• X116 - Médio-Baixo	Benefício	0,2278	0,1520	Quadro56
• X117 - Médio-Alto	Benefício	0,3797	0,4094	Quadro56
• X118 - Alto	Benefício	0,1772	0,3119	Quadro56
X6.3- -Oportunidades e riscos				
Oportunidades				
• X119 - Eixos predominantes expansão	Benefício	3	3	Quadro 22
• X120 - Principais atividades emergentes	Benefício	10	8	Quadro 22
• X121 - Processos requalificação regeneração	Benefício	2	3	Quadro 22
• X122 - Valorização recursos	Benefício	2	2	Quadro 22
• X123 - Configuração área metropolitana	Benefício	2	3	Quadro 22
Riscos				
• X124 - Captação fluxos tráfego	Custo	4	2	Quadro 23
• X125 - Eixos predominantes de desequilíbrio	Custo	3	2	Quadro 23
• X126 - Mobilidade	Custo	2	1	Quadro 23
• X127 - Desenvolvimento urbano	Custo	2	2	Quadro 23

2.7 Custos

Nesta secção são apresentados os custos: custos de investimento; custos variáveis internos (definido pelos custos do desvio operacionais por passageiros, custos do desvio de passageiros, custos de congestionamento dos terminais de passageiros, custos de acesso pela rodovia ao aeroporto e custo de acesso pela ferrovia ao aeroporto) e custos variáveis externos (definidos pelos custos de ruído do tráfego aéreo, custos de acidentes rodoviários com vítimas, custos das emissões poluentes) (LNEC, 2008).

2.7.1 Custos de investimento

A construção do NAL, na localização da Ota implica um valor atualizado do custo de investimento para o NAL de **2441,4 M€** (preços constantes de 2007, a uma taxa de desconto de 6%), enquanto na localização do CTA, irá implicar um valor de **2106,7 M€** (preços constantes de 2007, a uma taxa de desconto de 6%) (LNEC, 2008).

2.7.2 Custos variáveis internos

Tendo em conta os custos variáveis internos: custo do desvio operacionais por passageiros, custos do desvio de passageiros, custos de congestionamento dos terminais de passageiros, custos de acesso pela rodovia ao aeroporto e custo de acesso pela ferrovia ao aeroporto, verificamos que para preços constantes de 2007, o valor atualizado dos custos variáveis internos totais para o NAL na localização da Ota é de **12363,6 M€** e na localização do CTA um valor total de **12626,2 M€** (LNEC, 2008).

2.7.3 Custos variáveis externos

No quadro 60 são apresentados os valores atualizados dos custos variáveis externos para o NAL na localização da Ota e no CTA (LNEC, 2008).

Quadro 60 - Valor atualizado dos custos variáveis externos para o NAL na Ota e no CTA

Custos variáveis externos	Ota	CTA
Custos do ruído de tráfego aéreo (M€)	20,2	0,6
Custos dos acidentes rodoviários com vítimas mortais + feridos graves (M€)	168,6	141,3
Custos das emissões de poluentes veículos.km (NO _x , PM2.5, SO ₂ , VOCs, NH ₃ , CO ₂) (M€)	375,2	401,7

2.7.4 Classificações de análise classificativa para os locais Ota/CTA, para os atributos de custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos

De acordo com os quadros e informação apresentada, observamos o seguinte quadro/resumo, no qual sintetizamos os atributos e as respetivas classificações.

Quadro 61 - Resumo das classificações para os locais Ota/CTA, relativos ao Custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos

FCD7 - Atributos de Custos de investimento, custos variáveis internos e custos variáveis externos	Sentido de preferência	Ota	CTA	Referência
X7.1/X128 - Custos de investimento (M€)	Custo	2441,4	2106,7	C. invest.
X7.2/X129 - Custos variáveis internos(M€)	Custo	12363,6	12626,2	V. internos
X7.3 - Custos variáveis Externas				
• X130 - Custos do ruído de tráfego aéreo (M€)	Custo	20,2	0,6	Quadro 61
• X131 - Custos dos acidentes rodoviários com vítimas mortais + feridos graves (M€)	Custo	168,6	141,3	Quadro 61
• X132 - Custos das emissões de poluentes veículos.km (NO _x , PM2.5, SO ₂ , VOCs, NH ₃ , CO ₂) (M€)	Custo	375,2	401,7	Quadro 61

Capítulo 3 – Resultados

Capítulo 3 – Resultados

Neste capítulo são apresentados os desempenhos de cada um dos atributos, as várias hipóteses de pesos simulados e, com recurso ao *software* online iKreation referido anteriormente, os resultados da aplicação dos métodos mencionados e descritos em 1.8 (MSP, TOPSIS e ELECTRE I).

3.1 Normalização

Como referido em 1.7.4, foi utilizado neste estudo a normalização linear. O quadro 62 apresenta a normalização de todos os atributos relativos às alternativas estudadas (Ota, CTA, Ota2017 e CTA2017) do nível 3.

Quadro 62 – Normalização dos atributos (nível 3) relativos localizações em estudo

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Classificação		Sentido de preferência	Escala		Normalização	
			Ota	CTA		Min	Max	Ota	CTA
FCD1	X1.1	X1	2	2	Custo	1	2	0	0
		X2	2	1	Custo	1	2	0	1
		X3	1	2	Custo	1	2	1	0
		X4	6	6	Benefício	1	6	1	1
		X5	5	1	Custo	1	6	0,2	1
		X6	1	2	Custo	1	6	1	0,8
	X1.2	X7	46	56	Custo	46	56	1	0
		X8	63,9	49,8	Custo	50	64	0	1
		X9	11	8	Custo	0	11	0	0,273
		X10	2	2	Custo	1	2	0	0
		X11	1	2	Custo	1	2	1	0
	X1.3	X12	3	6	Benefício	1	6	0,4	1
		X13	5	5	Benefício	1	6	0,8	0,8
	X1.4	X14	4	4	Benefício	1	5	0,75	0,75
		X15	3	5	Benefício	1	5	0,5	1
		X16	4	4	Benefício	1	5	0,75	0,75
		X17	2	4	Benefício	1	5	0,25	0,75
		X18	88	104	Benefício	88	104	0	1
		X19	3	4	Custo	0	4	0,25	0
FCD2	X2.1	X20	24	18	Custo	18	24	0	1
		X21	25330	26460	Custo	25330	26460	1	0
		X22	620	104	Custo	104	620	0	1
		X23	5	6	Benefício	1	7	0,667	0,833
		X24	2	5	Benefício	1	5	0,25	1
		X25	4	4	Custo	1	5	0,25	0,25
		X26	5	3	Benefício	0	5	1	0,6
		X27	10	2	Custo	0	10	0	0,8

Quadro 62 (cont) – Normalização dos atributos (nível 3) relativos localizações em estudo

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Classificação		Sentido de preferência	Escala		Normalização	
			Ota	CTA		Min	Max	Ota	CTA
FCD2	X2.2	X28	10,2	17,1	Benefício	10,2	17,1	0	1
		X29	130	233	Benefício	130	233	0	1
		X30	4	4	Benefício	1	5	0,75	0,75
		X31	0,29	0,09	Custo	0	100	0,997	0,999
		X32	1	1	Custo	1	2	1	1
		X33	143	142	Custo	23	226	0,409	0,414
		X34	76	82	Custo	23	226	0,739	0,709
		X35	5	6	Benefício	0	6	0,833	1
	X2.3	X36	4	4	Custo	0	4	0	0
		X37	1	3	Benefício	1	5	0	0,5
		X38	42660000	5854000	Custo	5854000	42660000	0	1
		X39	4	4	Benefício	1	5	0,75	0,75
		X40	2	4	Benefício	1	5	0,25	0,75
		X41	49831000	13860000	Custo	13860000	49831000	0	1
		X42	2	4	Benefício	1	5	0,25	0,75
		X43	2	4	Benefício	1	5	0,25	0,75
		X44	5	3	Custo	1	5	0	0,5
		X45	1	3	Custo	1	3	1	0
		X46	3	2	Custo	2	3	0	1
		X47	538,7	204,6	Custo	204,6	538,7	0	1
	X2.4	X48	6	7	Benefício	0	7	0,857	1
		X49	6	4	Custo	0	6	0	0,333
		X50	3	3	Custo	1	3	0	0
		X51	3	3	Custo	1	4	0,333	0,333
		X52	5,42	2,61	Custo	2,61	5,42	0	1
		X53	2,29	1,39	Custo	1,39	2,29	0	1
		X54	1	2	Custo	1	7	1	0,833
		X55	3	1	Custo	0	3	0	0,667
	X2.5	X56	25571	1107	Custo	1107	25571	0	1
		X57	4792	163	Custo	163	4792	0	1
		X58	29280	2755	Custo	2755	29280	0	1
		X59	7866	295	Custo	295	7866	0	1
FCD3	X3.1	X60	10031	18895	Custo	10031	18895	1	0
	X3.2	X61	2	2	Custo	1	2	0	0
	X3.3	X62 - 2017	516,7	555	Custo	516,7	1466,8	1	0,96
		X62 - 2050	931,5	1466,8	Custo	516,7	1466,8	0,563	0
		X63 - 2017	931,5	1466,8	Custo	931,5	3627,7	1	0,801
		X63 - 2050	1764,4	3627,7	Custo	931,5	3627,7	0,691	0
	X3.4	X64	22203	82558	Custo	22203	82558	1	0
	X3.5	X65	2	1	Custo	1	2	0	1
	X3.6	X66	1544	3565	Custo	1544	3565	1	0
		X67	108,3	102,2	Custo	102,2	108,3	0	1
		X68	70	104,4	Custo	70	104,4	1	0
		X69	0,4	0,8	Custo	0,4	0,8	1	0
		X70	1,1	1,2	Custo	1,1	1,2	1	0
		X71	1	2	Custo	1	2	1	0
		X72	1	2	Custo	1	2	1	0
		X73	9,8	4,4	Custo	4,4	9,8	0	1
	X3.7	X74	9	11	Custo	0	41	0,78	0,732
		X75	6	8	Benefício	0	8	0,75	1
FCD4	X4.1	X76	12	15	Custo	0	15	0,2	0
		X77 - 2017	787,06	846,41	Custo	787,06	1610,43	1	0,928
		X77 - 2050	1509,12	1610,43	Custo	787,06	1610,43	0,123	0
		X78 - 2017	787,06	846,41	Custo	787,06	1610,43	1	0,928
	X4.2	X78 - 2050	1509,12	1610,43	Custo	787,06	1610,43	0,123	0
		X79 - 2017	14,06	14,81	Custo	14,06	26,77	1	0,941
		X79 - 2050	25,53	26,77	Custo	14,06	26,77	0,098	0
		X80 - 2017	14,06	14,82	Custo	14,06	26,81	1	0,94
		X80 - 2050	25,53	26,81	Custo	14,06	26,81	0,1	0

Quadro 62 (cont) – Normalização dos atributos (nível 3) relativos localizações em estudo

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Classificação		Sentido de preferência	Escala		Normalização	
			Ota	CTA		Min	Max	Ota	CTA
FCD5	X4.3	X81 - 2017	191	119	Custo	119	223	0,308	1
		X81 - 2050	223	168	Custo	119	223	0	0,529
		X82 - 2017	191	145	Custo	145	223	0,41	1
		X82 - 2050	223	194	Custo	145	223	0	0,372
	X4.4	X83	4	6	Benefício	0	6	0,667	1
		X84	3	2	Custo	0	3	0	0,333
FCD5	X5.1	X85 - 2017	367850	167099	Benefício	151795	367850	1	0,071
		X85 - 2050	343668	151795	Benefício	151795	367850	0,888	0
		X86	160200	80015	Benefício	80015	160200	1	0
		X87	7609	8403	Benefício	7609	8403	0	1
		X88	266193	137663	Benefício	137663	266193	1	0
		X89 - 2017	191105	79240	Benefício	70938	191105	1	0,069
		X89 - 2050	179218	70938	Benefício	70938	191105	0,901	0
		X90	473	134	Benefício	134	473	1	0
	X5.2	X91 - 2017	4014811	3934430	Benefício	3579518	4014811	1	0,815
		X91 - 2050	3666157	3579518	Benefício	3579518	4014811	0,199	0
		X92	1940732	1907799	Benefício	1907799	1940732	1	0
		X93	3497291	3394190	Benefício	3394190	3497291	1	0
		X94 - 2017	2380414	2357558	Benefício	2151951	2380414	1	0,9
		X94 - 2050	2182146	2151951	Benefício	2151951	2380414	0,132	0
		X95	10505	9686	Benefício	9686	10505	1	0
		X96	545059	522520	Benefício	522520	545059	1	0
		X97	65583	66142	Benefício	65583	66142	0	1
		X98	69653388	70054609	Benefício	69653388	70054609	0	1
	X5.3	X99	3	2	Benefício	0	3	1	0,667
		X100	2	9	Benefício	0	9	0,222	1
		X101	7	7	Benefício	0	7	1	1
		X102	11	5	Benefício	0	11	1	0,455
		X103	2	3	Custo	0	3	0,333	0
		X104	6	2	Custo	0	6	0	0,667
FCD6	X6.1	X105	65500	50100	Benefício	50100	65500	1	0
		X106	81800	58900	Benefício	58900	81800	1	0
		X107	2950	4250	Benefício	2950	4250	0	1
	X6.2	X108	175	238	Benefício	175	238	0	1
		X109	15	19	Benefício	0	100	0,15	0,19
		X110	150	110	Benefício	110	150	1	0
		X111	37	30	Benefício	30	37	1	0
		X112	125	188	Benefício	125	188	0	1
		X113	60	67	Benefício	60	67	0	1
		X114	110	162	Benefício	110	162	0	1
		X115	0,215	0,127	Benefício	0,127	0,215	1	0
		X116	0,228	0,152	Benefício	0,152	0,228	1	0
		X117	0,38	0,409	Benefício	0,38	0,409	0	1
		X118	0,177	0,312	Benefício	0,177	0,312	0	1
	X6.3	X119	3	3	Benefício	0	3	1	1
		X120	10	8	Benefício	0	10	1	0,8
		X121	2	3	Benefício	0	3	0,667	1
		X122	2	2	Benefício	0	2	1	1
		X123	2	3	Benefício	0	3	0,667	1
		X124	4	2	Custo	0	4	0	0,5
		X125	3	2	Custo	0	3	0	0,333
		X126	2	1	Custo	0	2	0	0,5
		X127	2	2	Custo	0	2	0	0
FCD7	X7.1	X128	2441,4	2106,7	Custo	2106,7	2441,4	0	1
	X7.2	X129	12363,6	12626,2	Custo	12363,6	12626,2	1	0
	X7.3	X130	20,2	0,6	Custo	0,6	20,2	0	1
		X131	168,6	141,3	Custo	141,3	168,6	0	1
		X132	375,2	401,7	Custo	375,2	401,7	1	0

Para obtenção das classificações do nível 1 e do nível 2, utilizou-se o MSP considerando pesos iguais para os atributos do nível 3 e do nível 2. A título de exemplo apresenta-se o cálculo para X1.1 (referente ao nível 2):

1º Passo – Com as classificações dos atributos normalizados define-se peso igual (W_i) para todos os atributos;

Quadro 63 – Atributos normalizados correspondentes a X1.1 e respectivos pesos atribuídos para posterior aplicação do MSP

Atributos	Normalizados				W_i (1 / n° de atributos)
	Ota 2017	CTA 2017	Ota	CTA	
X1	0	0	0	0	0,167
X2	0	1	0	1	0,167
X3	1	0	1	0	0,167
X4	1	1	1	1	0,167
X5	0,2	1	0,2	1	0,167
X6	1	0,8	1	0,8	0,167

2º Passo – Com o conjunto de atributos de X1.1 e com os respectivos pesos determinados no passo anterior, aplica-se o MSP.

Quadro 64 – Aplicação do MSP em X1.1

Atributos	Ota 2017 ($x_i \times w_i$)	CTA 2017 ($x_i \times w_i$)	Ota ($x_i \times w_i$)	CTA ($x_i \times w_i$)
X1	0	0	0	0
X2	0	0,167	0	0,167
X3	0,167	0	0,167	0
X4	0,167	0,167	0,167	0,167
X5	0,033	0,167	0,033	0,167
X6	0,167	0,133	0,167	0,133
X1.1 ($\sum x_i \times w_i$)	0,533	0,633	0,533	0,633

O Quadro 65 apresenta os resultados dos atributos normalizados do nível 1 e do nível 2 aplicando a metodologia anteriormente referida.

Quadro 65 – Normalização do nível 1 e nível 2 das alternativas em estudo

Nível 1					Nível 2				
Atributos	Ota 2017	CTA 2017	Ota	CTA	Atributos	Ota 2017	CTA 2017	Ota	CTA
FCD1	0,4875	0,6241	0,4875	0,6241	X1.1	0,5333	0,6333	0,5333	0,6333
					X1.2	0,4	0,2545	0,4	0,2545
					X1.3	0,6	0,9	0,6	0,9
					X1.4	0,4167	0,7083	0,4167	0,7083
FCD2	0,2803	0,7553	0,2803	0,7553	X2.1	0,3958	0,6854	0,3958	0,6854
					X2.2	0,5254	0,7636	0,5254	0,7636
					X2.3	0,2582	0,6887	0,2582	0,6887
					X2.4	0,2222	0,6389	0,2222	0,6389
					X2.5	0	1	0	1
FCD3	0,6041	0,3834	0,5508	0,2576	X3.1	1	0	1	0
					X3.2	0	0	0	0
					X3.3	1	0,8806	0,6272	0
					X3.4	1	0	1	0
					X3.5	0	1	0	1
					X3.6	0,7534	0,3035	0,7534	0,3035
					X3.7	0,475	0,5	0,475	0,5
FCD4	0,6731	0,8838	0,1388	0,2792	X4.1	1	0,9279	0,123	0
					X4.2	1	0,9407	0,099	0
					X4.3	0,359	1	0	0,4503
					X4.4	0,3333	0,6667	0,3333	0,6667
FCD5	0,7253	0,4286	0,6441	0,3493	X5.1	0,8333	0,19	0,7982	0,1667
					X5.2	0,75	0,4644	0,5414	0,25
					X5.3	0,5926	0,6313	0,5926	0,6313
FCD6	0,4939	0,5694	0,4939	0,5694	X6.1	0,6667	0,3333	0,6667	0,3333
					X6.2	0,3773	0,5627	0,3773	0,5627
					X6.3	0,4815	0,6815	0,4815	0,6815
FCD7	0,4444	0,5556	0,4444	0,5556	X7.1	0	1	0	1
					X7.2	1	0	1	0
					X7.3	0,3333	0,6667	0,3333	0,6667

3.2. Pesos considerados

Para compreender melhor a influência da importância dos atributos (pesos) testaram-se várias hipóteses de atribuição de pesos. Esta análise (de sensibilidade) foi efetuada para nível 1 da hierarquia de atributos, visto que, nos parece ser o nível que permite variar, de forma mais

coerente e perceptível para o AD, os pesos em cada atributo (uma vez que são em número menor os atributos em análise). Assim foram ensaiadas seguintes hipóteses:

- Hipótese 1 – Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 3;
- Hipótese 2 – Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 1;
- Hipótese 3 – Atribuindo maior peso aos atributos de operacionalidade e acessibilidade, nível 1 ($60\% = FCD1 + FCD4$);
- Hipótese 4 – Atribuindo maior peso aos atributos de recursos ambientais, nível 1 ($60\% = FCD2 + FCD3$);
- Hipótese 5 – Atribuindo maior peso aos atributos económicos e financeiros, nível 1 ($60\% = FCD5 + FCD6 + FCD7$);
- Hipótese 6 – Atribuindo maior peso aos atributos de desenvolvimento, nível 1 ($60\% = FCD5 + FCD6$).

Quadro 66 – Metodologia aplicada em cada hipótese

Hipótese	Nível (Hierarquia)	Metodologia aplicada		
		MSP	TOPSIS	ELECTRE I
1	3	•	•	-
2	1	•	•	•
3		•	•	•
4		•	•	•
5		•	•	•
6		•	•	•

• Aplicado, - Não aplicado

Na hipótese 1, atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 3, o peso de cada atributo é de $1/132 (=0,007576)$. No quadro 67 e na figura 10 são apresentados os pesos atribuídos para as hipóteses de nível 1.

Quadro 67 – Pesos atribuídos para as hipóteses de nível 1

Nível 1					
Atributos	Hipótese 2 - Peso igual em todos os atributos	Hipótese 3 - Maior peso: atributos de operacionalidade e acessibilidade	Hipótese 4 - Maior peso: atributos dos recursos ambientais.	Hipótese 5 - Maior peso: atributos económicos e financeiros	Hipótese 6 - Maior peso: atributos de desenvolvimento
FCD1	0,142857	0,3	0,08	0,1	0,08
FCD2	0,142857	0,08	0,3	0,1	0,08
FCD3	0,142857	0,08	0,3	0,1	0,08
FCD4	0,142857	0,3	0,08	0,1	0,08
FCD5	0,142857	0,08	0,08	0,2	0,3
FCD6	0,142857	0,08	0,08	0,2	0,3
FCD7	0,142857	0,08	0,08	0,2	0,08

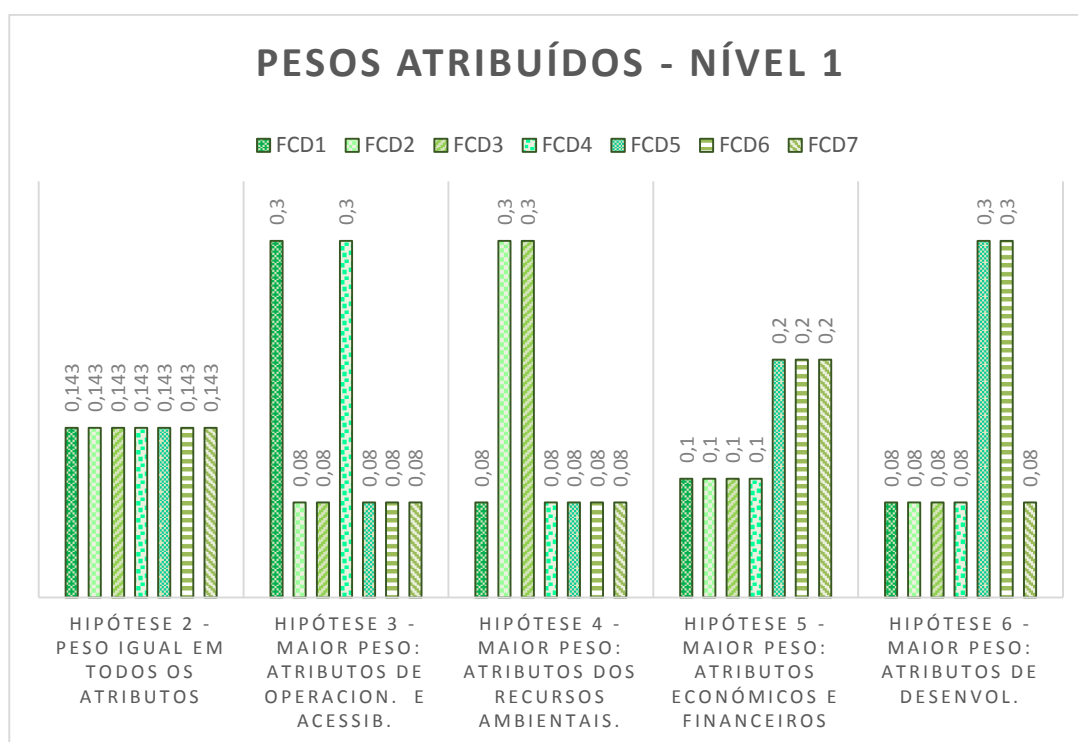


Figura 10 – Pesos atribuídos para as hipóteses de nível 1

3.3 Aplicação das metodologias

Os resultados obtidos através dos métodos aplicados (MSP, TOPSIS e ELECTRE I) serão indicados e comentados nos pontos seguintes.

3.3.1 Aplicação do MSP e TOPSIS

Optou-se neste ponto por avaliar e comparar o MSP com o TOPSIS, sabido que apresentam uma ordenação de preferência – métodos de agregação completa (ver 1.7).

3.3.1.1 Hipótese 1 – Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 3

Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 3 (hipótese 1), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa CTA2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 11). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do CTA é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 12).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa CTA2017 apresenta-se também como a alternativa de preferência (figura 13). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do CTA apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 14). O MSP e TOPSIS não apresentam diferenças nos resultados finais e pode concluir-se que o ano de projeto não terá qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

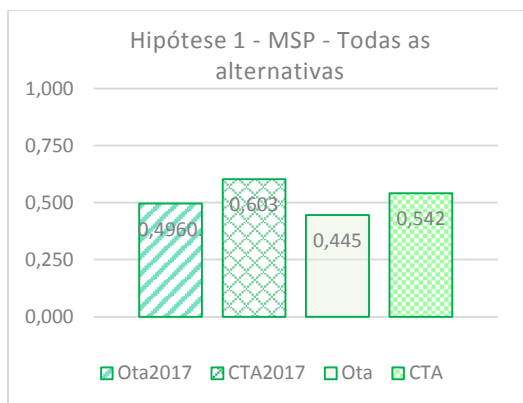


Figura 11 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 1 reunindo todas as alternativas

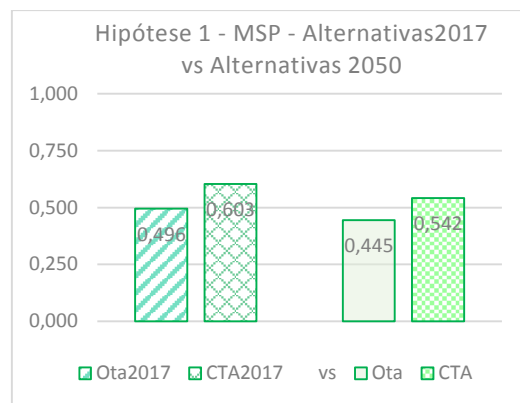


Figura 12 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 1 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 68 – Ranking - MSP - Hipótese 1

Todas as alternativas		Alternativas 2017 vs Alternativas 2050	
1º	CTA2017	Alternativas 2017	1º CTA2017
2º	CTA		2º Ota2017
3º	Ota2017	Alternativas 2050	1º CTA
4º	Ota		2º Ota

➤ TOPSIS

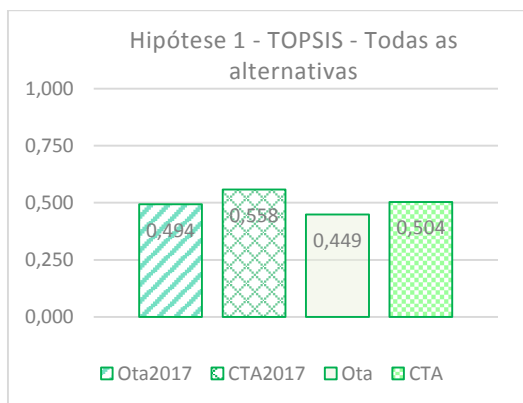


Figura 13 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 1 reunindo todas as alternativas

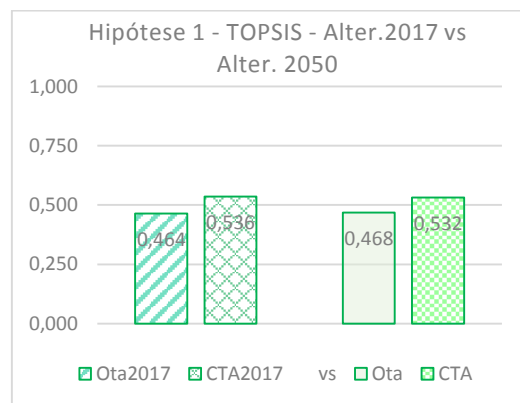


Figura 14 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 1 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 69 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 1

Todas as alternativas		Alternativas 2017 vs Alternativas 2050	
1º	CTA2017	Alternativas 2017	1º CTA2017
2º	CTA		2º Ota2017
3º	Ota2017	Alternativas 2050	1º CTA
4º	Ota		2º Ota

3.3.1.2 Hipótese 2 – Atribuindo peso igual em todos os atributos (nível 1)

Atribuindo peso igual em todos os atributos do nível 1 (hipótese 2), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa CTA2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 15). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do CTA é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 16).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa CTA2017 apresenta-se também como a alternativa de preferência (figura 17). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do CTA apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 18). O MSP e TOPSIS não apresentam diferenças nos resultados finais e pode concluir-se que o ano de projeto não terá qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

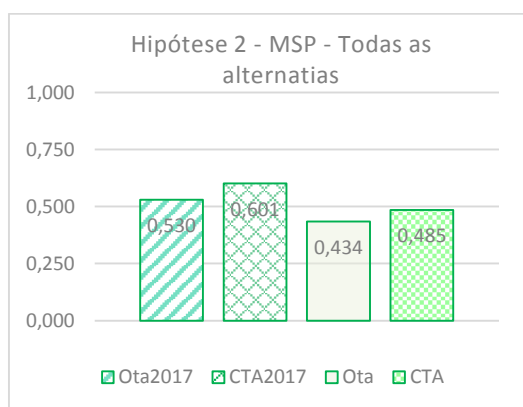


Figura 15 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 2 reunindo todas as alternativas

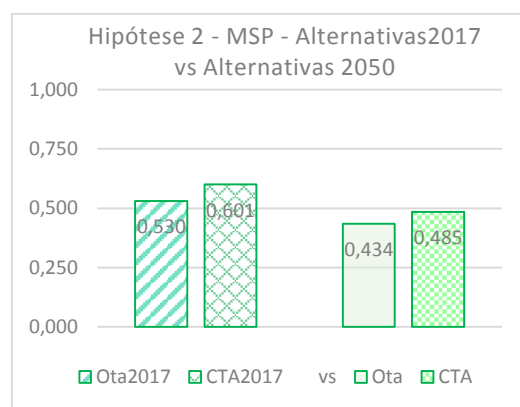


Figura 16 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 2 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 70 – Ranking - MSP - Hipótese 2

Todas as alternativas		Alternativas 2017 vs Alternativas 2050	
1º	CTA2017	Alternativas 2017	1º CTA2017
2º	Ota2017		2º Ota2017
3º	CTA	Alternativas 2050	1º CTA
4º	Ota		2º Ota

➤ TOPSIS

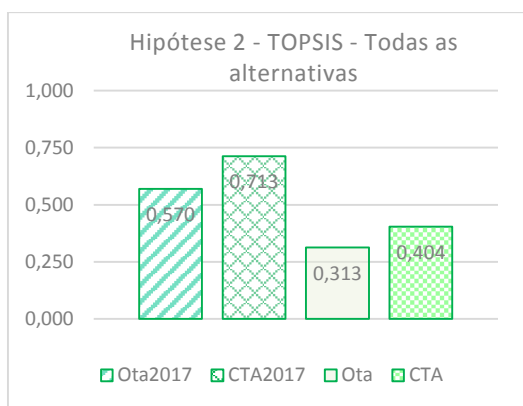


Figura 17 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 2 reunindo todas as alternativas

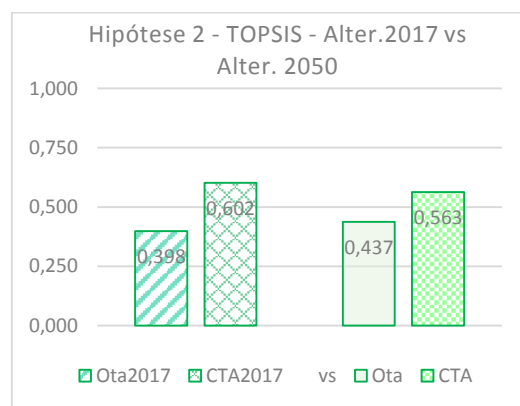


Figura 18 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 2 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 71 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 2

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º Ota2017	Alternativas 2050
3º CTA	Alternativas 2017
4º Ota	Alternativas 2050

3.3.1.3 Hipótese 3 – Atribuindo maior peso aos fatores de operacionalidade e acessibilidade (nível 1)

Atribuindo maior peso aos fatores de operacionalidade e acessibilidade (hipótese 3 – nível 1), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa CTA2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 19). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do CTA é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 20).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa CTA2017 apresenta-se também como a alternativa de preferência (figura 21). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do CTA apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 22). Esta hipótese apresentou maiores diferenças de resultados entre alternativas comparativamente a todas as hipóteses.

O MSP e TOPSIS não apresentam diferenças nos resultados finais e pode concluir-se que o ano de projeto não terá qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

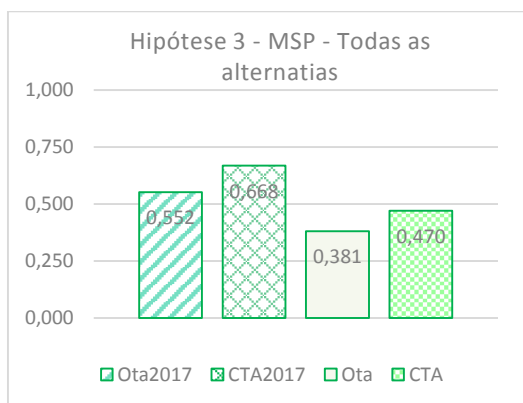


Figura 19 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 3 reunindo todas as alternativas

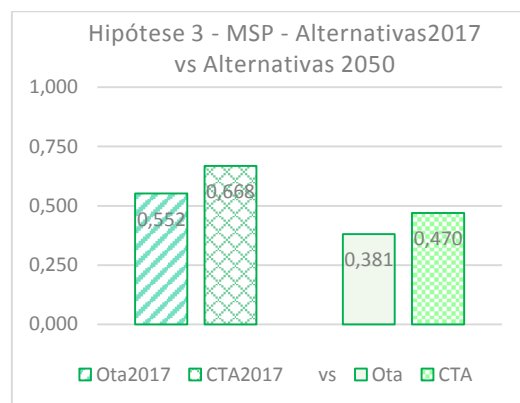


Figura 20 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 3 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 72 – Ranking - MSP - Hipótese 3

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º Ota2017	Alternativas 2050
3º CTA	Alternativas 2017
4º Ota	Alternativas 2050

➤ TOPSIS

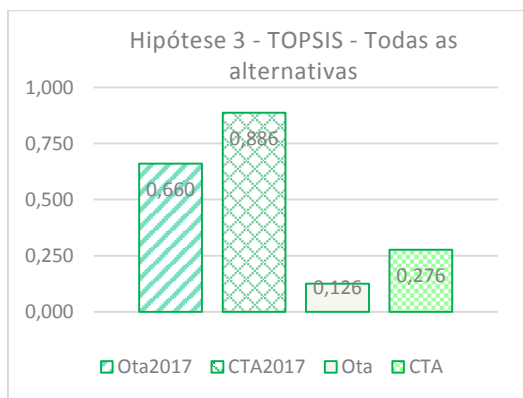


Figura 21 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 3 reunindo todas as alternativas

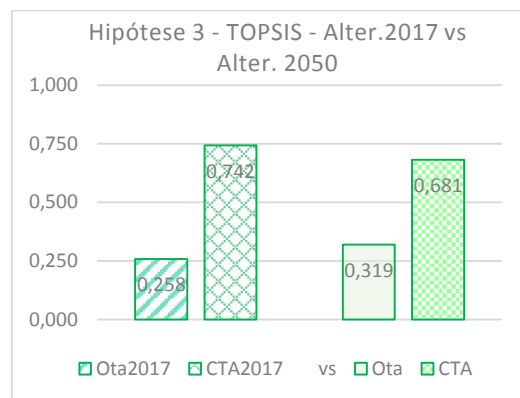


Figura 22 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 3 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 73 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 3

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º Ota2017	Alternativas 2050
3º CTA	Alternativas 2017
4º Ota	Alternativas 2050

3.3.1.4 Hipótese 4 – Atribuindo maior peso aos recursos ambientais (nível 1)

Atribuindo maior peso aos recursos ambientais (hipótese 4 – nível 1), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa CTA2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 23). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do CTA é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 24).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa CTA2017 apresenta-se também como a alternativa de preferência (figura 25). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do CTA apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 26). O MSP e TOPSIS não apresentam diferenças nos resultados finais e pode concluir-se que o ano de projeto não terá qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

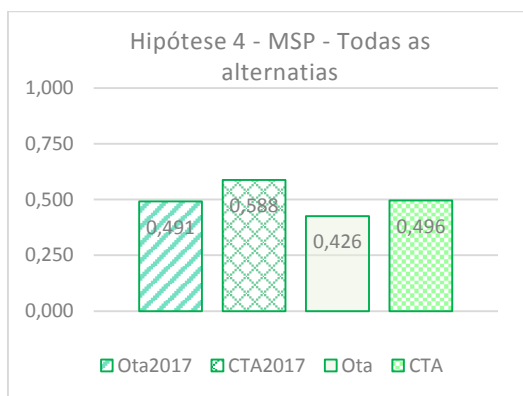


Figura 23 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 4 reunindo todas as alternativas

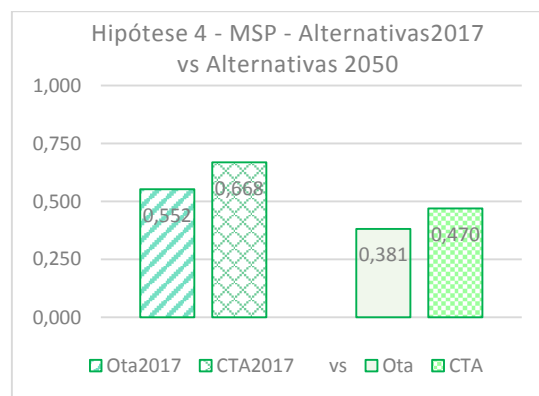


Figura 24 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 4 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 74 – Ranking - MSP – Hipótese 4

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050	
1º CTA2017	Alternativas 2017	1º CTA2017
2º CTA		2º Ota2017
3º Ota2017	Alternativas 2050	1º CTA
4º Ota		2º Ota

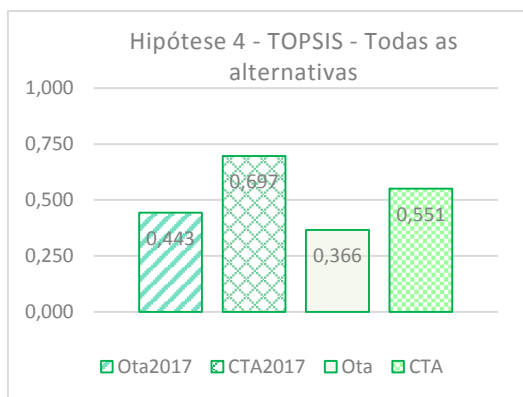
➤ TOPSIS

Figura 25 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 4 reunindo todas as alternativas

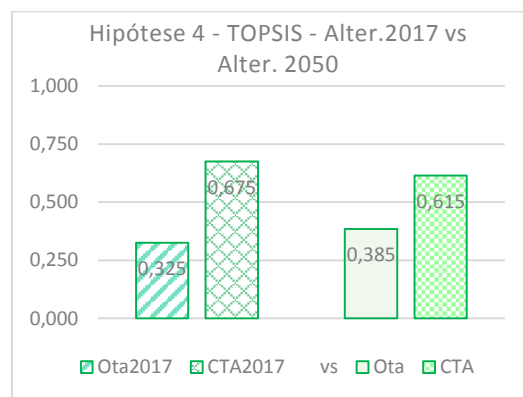


Figura 26 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 4 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 75 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 4

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º CTA	Alternativas 2050
3º Ota2017	Alternativas 2017
4º Ota	Alternativas 2050

3.3.1.5 Hipótese 5 – Atribuindo maior peso aos aspetos económicos e financeiros (nível 1)

Atribuindo maior peso aos aspetos económicos e financeiros (hipótese 5 – nível 1), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa CTA2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 27). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do CTA é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 28).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa Ota2017 apresenta-se como a melhor solução (figura 29). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do Ota apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 30). O MSP e TOPSIS apresentam resultados finais diferentes, sendo que, para o MSP a localização do CTA é a preferencial e para o TOPSIS a localização da Ota é a preferencial. O ano de projeto não teve qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

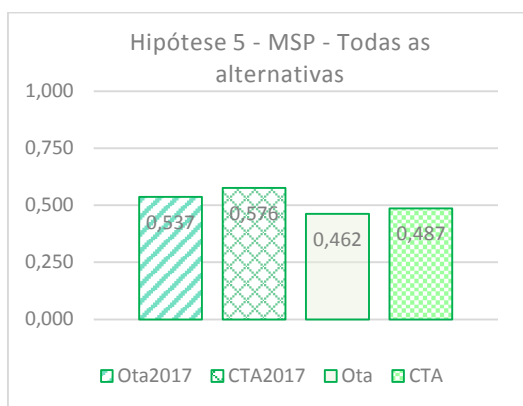


Figura 27 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 5 reunindo todas as alternativas

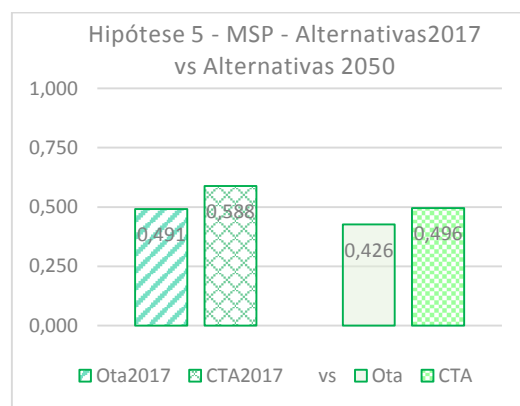


Figura 28 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 5 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 76 – Ranking - MSP - Hipótese 5

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º Ota2017	Alternativas 2050
3º CTA	Alternativas 2017
4º Ota	Alternativas 2050

➤ TOPSIS

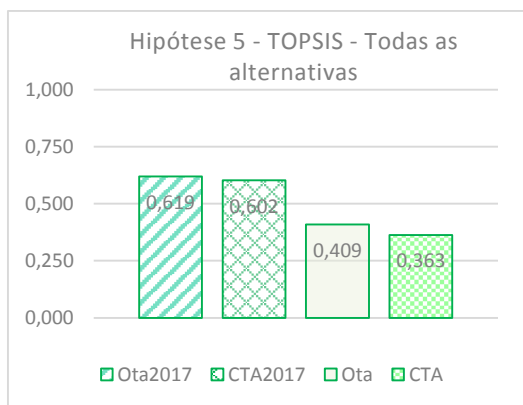


Figura 29 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 5 reunindo todas as alternativas

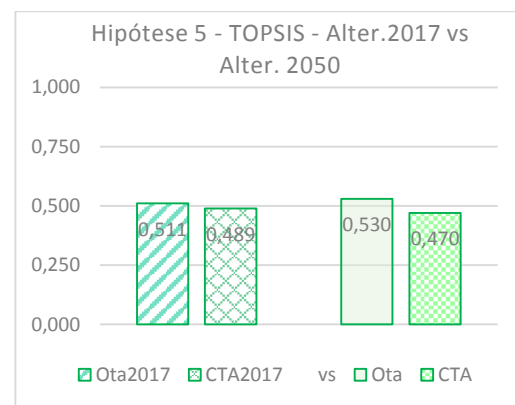


Figura 30 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 5 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 77 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 5

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º Ota2017	Alternativas 2017
2º CTA2017	Alternativas 2050
3º Ota	Alternativas 2017
4º CTA	Alternativas 2050

3.3.1.6 Hipótese 6 – Atribuindo maior peso aos aspetos de desenvolvimento (nível 1)

Atribuindo maior peso aos aspetos de desenvolvimento (hipótese 6 – nível 1), através da aplicação do MSP pode-se concluir que a alternativa Ota2017 apresenta-se como a alternativa de preferência (figura 31). Analisando as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, conclui-se que a zona do Ota é a melhor localização para aplicação do NAL (figura 32).

Com a aplicação do método de TOPSIS, a alternativa CTA2017 apresenta-se como a melhor solução (figura 33). Aplicando o método com as alternativas agrupadas por ano de projeto igual, a zona do Ota apresenta-se como a melhor localização para aplicação do NAL (figura 34).

Pode concluir-se que o ano de projeto não terá qualquer influência no resultado final.

➤ Método da Soma Ponderada

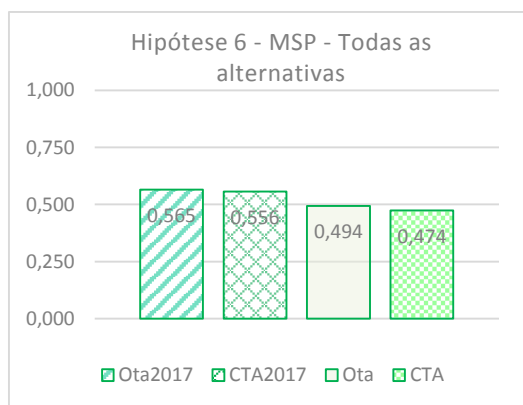


Figura 31 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 6 reunindo todas as alternativas

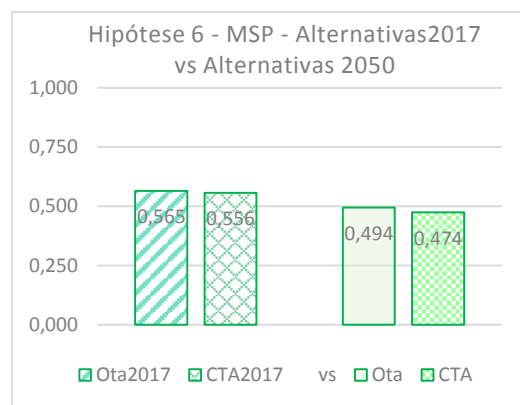


Figura 32 – Resultados obtidos pelo MSP considerando a hipótese 6 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 78 – Ranking - MSP - Hipótese 6

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º Ota2017	Alternativas 2017
2º CTA2017	Alternativas 2050
3º Ota	
4º CTA	

➤ TOPSIS

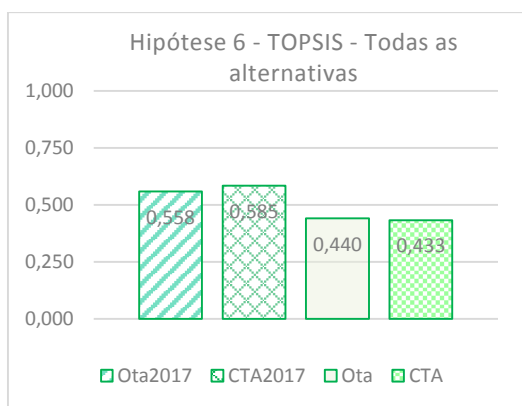


Figura 33 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 6 reunindo todas as alternativas

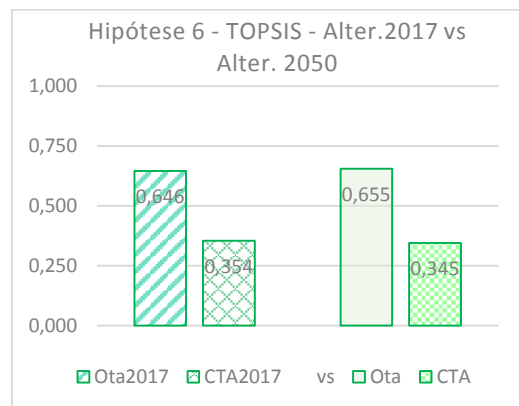


Figura 34 – Resultados obtidos pelo TOPSIS considerando a hipótese 6 agrupando as alternativas por ano de projeto igual (Alter.2017 vs Alter.2050)

Quadro 79 – Ranking - TOPSIS - Hipótese 6

Todas as alternativas	Alternativas 2017 vs Alternativas 2050
1º CTA2017	Alternativas 2017
2º Ota2017	Alternativas 2050
3º Ota	Alternativas 2017
4º CTA	Alternativas 2050

3.3.1.7 Resumo dos resultados obtidos pelo MSP e TOPSIS

O gráfico 35 e o gráfico 36 apresentam os resumos dos resultados obtidos do MSP para todas as hipóteses de pesos analisadas.

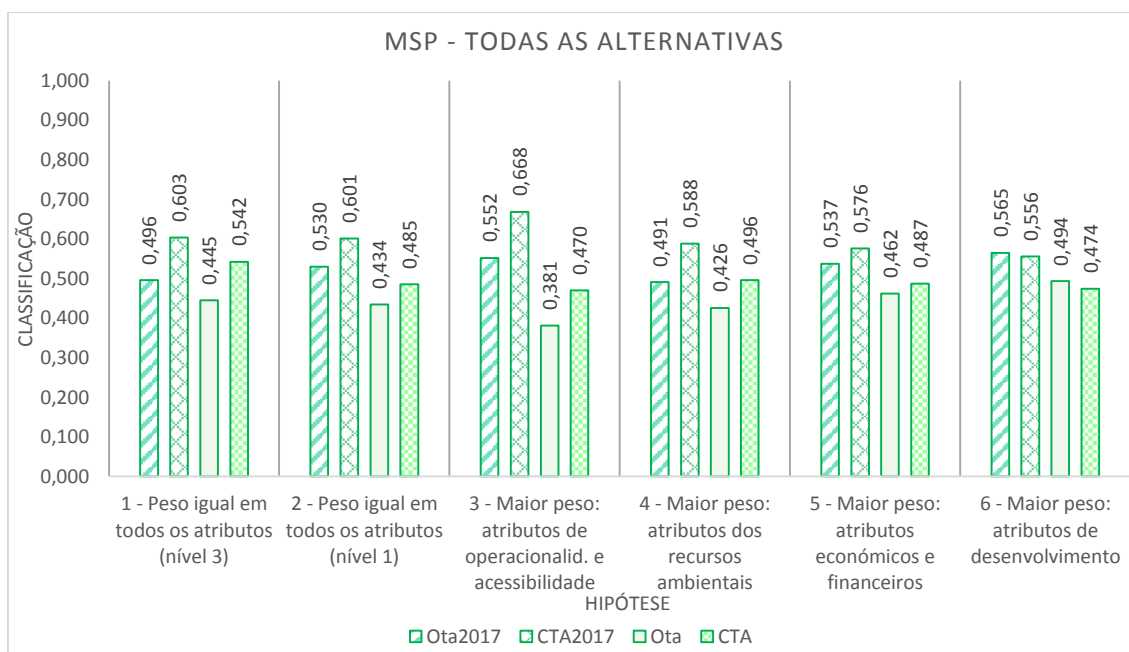


Figura 35 – Resumo dos resultados obtidos pelo MSP reunindo todas as alternativas

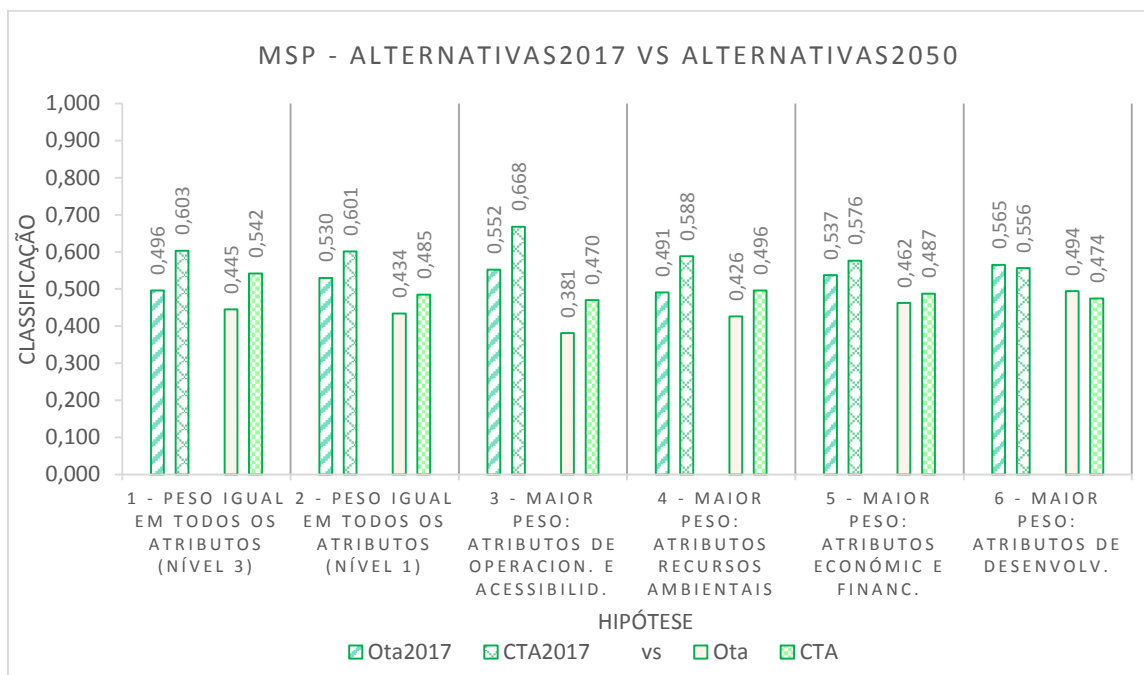


Figura 36 – Resumo dos resultados obtidos pelo MSP desagrupando as alternativas (Alter.2017 vs Alter.2050)

O gráfico 37 e o gráfico 38 apresentam os resumos dos resultados obtidos do TOPSIS para todas as hipóteses de pesos analisadas.

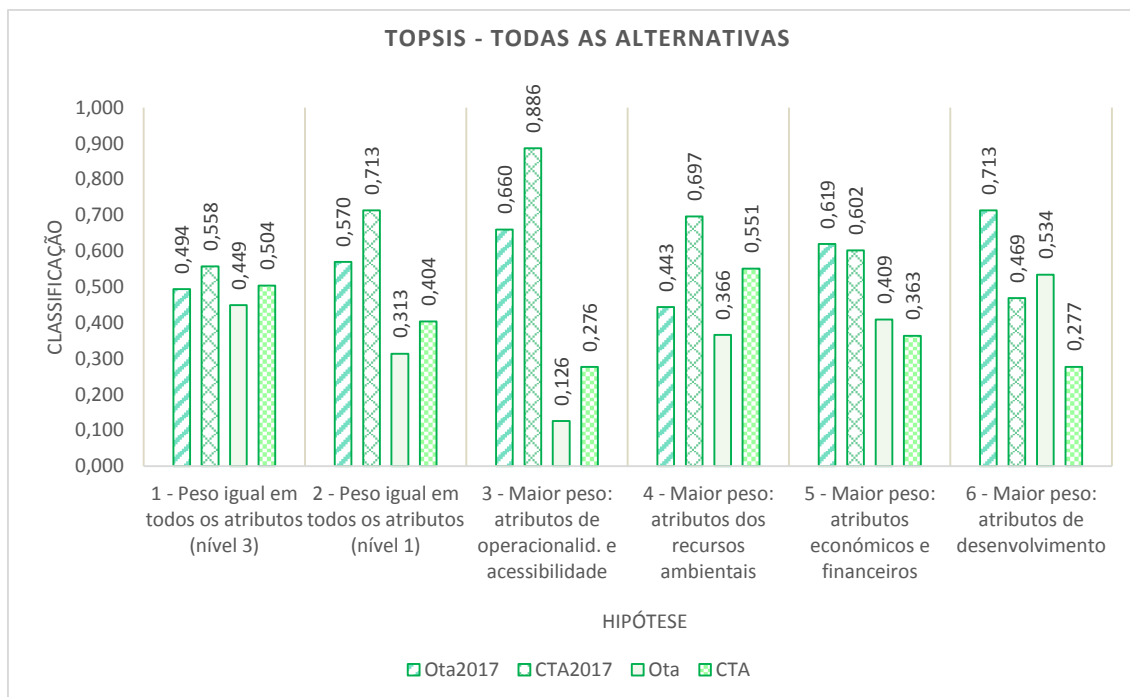


Figura 37 – Resumo dos resultados obtidos pelo TOPSIS reunindo todas as alternativas

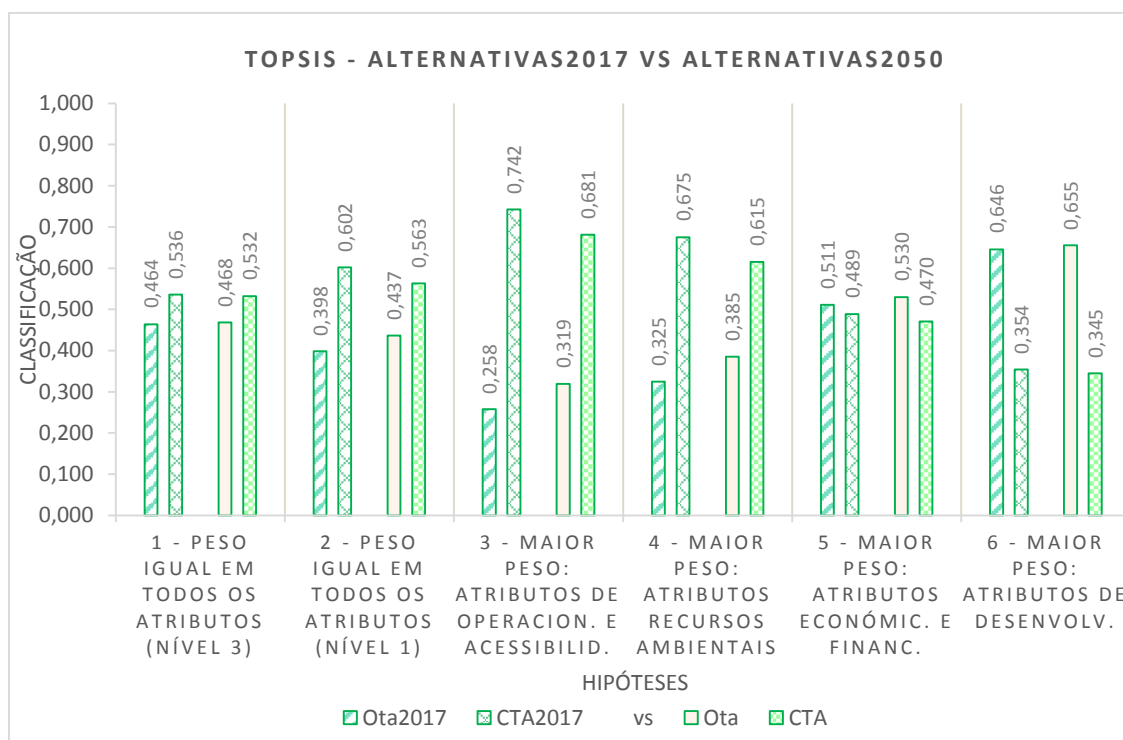


Figura 38 – Resumo dos resultados obtidos pelo TOPSIS desagrupando as alternativas (Alter.2017 vs Alter.2050)

3.3.1.8 Comparação dos resultados do MSP com TOPSIS

Quando aplicado o MSP, a localização do NAL na zona da Ota é a alternativa mais vantajosa só quando é atribuído maior peso para os aspetos de desenvolvimento (hipótese 6), enquanto a localização do NAL no CTA é favorável em todas as outras preferências. Quando aplicado o método de TOPSIS, a localização do NAL na zona da Ota é mais vantajosa quando é atribuída maior pesagem nos aspetos económicos e financeiros (hipótese 5) e quando é atribuído maior pesagem nos aspetos de desenvolvimento (hipótese 6), enquanto a localização do NAL no CTA é favorável em todas as outras preferências.

Fazendo a análise entre métodos, as hipóteses que atribuem peso igual em todos os atributos (hipótese 1 e 2), a hipótese que atribui maior peso nos atributos de operacionalidade e acessibilidade (hipótese 3) e a hipótese que atribui maior peso nos atributos dos recursos naturais (hipótese 4) constata-se que não existem grandes variações nas classificações em ambos os métodos, prevalecendo a localização do CTA para a construção do NAL.

Na hipótese que atribui maior peso aos atributos económicos e financeiros (hipótese 5), os resultados das metodologias apresentam resultados diferentes. A aplicação dos métodos alterou a ordem de preferência das alternativas. Aplicando o MSP, a alternativa de preferência é CTA2017, aplicando TOPSIS a alternativa de preferência é Ota2017.

Na hipótese que atribui maior peso aos atributos de desenvolvimento (hipótese 6), os resultados das metodologias apresentam resultados iguais, prevalecendo a localização do Ota para a construção do NAL.

Pode observar-se que as alternativas referentes ao ano de projeto 2017 (Ota2017 e CTA2017) são sempre preferíveis em relação as alternativas referentes ao ano de projeto 2050 (Ota e CTA) (ver quadro 80). Analisando as classificações dos atributos, que distinguem as alternativas com anos de projeto 2017 com as alternativas com ano de projeto 2050 (X62, X63, X77, X78, X79, X80, X81, X82, X85, X89, X91 e X94), deparamo-nos com o facto dos atributos com sentido de preferência de custo (X62, X63, X77, X78, X79, X80, X81 e X82) terem piores classificações nas alternativas com o ano de projeto 2017 e os atributos com sentido de preferência de benefício (X85, X89, X91 e X94) terem melhores classificações para as alternativas com ano de projeto 2017. Desta forma, é lógico, que as alternativas com ano de projeto 2017 sejam preferidas as alternativas com ano de projeto 2050.

Quadro 80 – Resumo do ranking dos resultados obtidos pelo MSP e pelo método de TOPSIS

Quadro 86 – Resultado do ranking dos resultados obtidos pelo MSP e pelo método de TOPSIS								
M S P		Nível 3	Nível 1					
		Hipótese 1 - Peso igual em todos os atributos	Hipótese 2 - Peso igual em todos os atributos	Hipótese 3 - Maior peso: atributos de operacion. e acessibilidade	Hipótese 4 - Maior peso: atributos dos recursos ambientais.	Hipótese 5 - Maior peso: atributos económicos e financeiros	Hipótese 6 - Maior peso: atributos de desenvolvimen to	
	Considerando todas as alternativas	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º Ota2017	
		2º CTA	2º Ota2017	2º Ota2017	2º CTA	2º Ota2017	2º CTA2017	
		3º Ota2017	3º CTA	3º CTA	3º Ota2017	3º CTA	3º CTA	
		4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	
	Alternativas 2050 vs Alternativas 2017	1º CTA	1º CTA	1º CTA	1º CTA	1º CTA	1º Ota	
		2º Ota	2º Ota	2º Ota	2º Ota	2º Ota	2º CTA	
		1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º Ota2017	
		2º Ota2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º CTA2017	
	T O P S I S	Ranking - Hipótese 1	Ranking - Hipótese 1	Ranking - Hipótese 2	Ranking - Hipótese 3	Ranking - Hipótese 4	Ranking - Hipótese 5	Ranking - Hipótese 6
			1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º Ota2017	1º Ota2017
2º CTA			2º Ota2017	2º Ota2017	2º CTA	2º CTA2017	2º CTA	
3º Ota2017			3º CTA	3º CTA	3º Ota2017	3º CTA	3º CTA2017	
Considerando todas as alternativas		4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	4º Ota	
		1º CTA	1º CTA	1º CTA	1º CTA	1º Ota	1º Ota	
		2º Ota	2º Ota	2º Ota	2º Ota	2º CTA	2º CTA	
		1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º CTA2017	1º Ota2017	1º Ota2017	
Alternativas 2050 vs Alternativas 2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º Ota2017	2º CTA2017	2º CTA2017		

3.3.2 ELECTRE I

O método de ELECTRE I foi aplicado apenas nas hipóteses do nível 1 (hipótese 2, 3, 4, 5 e 6).

Como referido no capítulo 1.8.3, numa fase inicial, o valor limiar de concordância (c') e discordância (d') são determinados pelos seus índices médios. Sendo que:

$$c' = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{c_{ij}}{n(n-1)} = 0,5833 \quad \text{e} \quad d' = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{d_{ij}}{n(n-1)} = 0,3772$$

Posteriormente procedeu-se à avaliação do método variando os valores dos limiares c' e d' . Aumentando o c' e/ou diminuindo o d' , o AD aumenta o grau de discriminação, aumentando a sua seletividade. O inverso, diminuindo c' e/ou aumentando d' , o AD diminui o grau de discriminação, diminuindo a sua seletividade. Deste modo, variou-se os c' e $d' \pm 0,2$ dos valores de índices médios.

Quadro 81 – Valores de limiares adotados para resolução do método de ELECTRE I

Valor limiar	1º Índices médios concordância/discordância	2º O AD aumenta o grau de discriminação	3º O AD diminui o grau de discriminação
Valor limiar de concordância (c')	0,5833	0,8	0,6
Valor limiar de discordância (d')	0,3772	0,2	0,4

Os resultados obtidos com a aplicação do método ELECTRE I, para as várias hipóteses de preferência e para os vários valores limiares de c' e de d' aplicados, a tendência mais vantajosa para a localização do NAL manteve-se na localização do CTA. Também, como no MSP e no método de TOPSIS, e pelo mesmo motivo apresentado na secção 3.3.1.8, as alternativas com ano de projeto 2017 são preferidas as alternativas com ano de projeto 2050. As próximas secções apresentam, de forma mais detalhada, os resultados obtidos da aplicação deste método.

3.3.2.1 ELECRE I – Com valores limiares correspondentes aos índices médios

Aplicando método de ELECTRE I com valores limiares correspondentes aos índices médios, para todas as hipóteses, a alternativa CTA2017 é a alternativa que subordina todas as outras, representando assim o núcleo e a alternativa a considerar.

Analisando, mais detalhadamente, as hipóteses 2, 3, 4 e 6, as alternativas do CTA e Ota2017 subordinam a alternativa Ota e a alternativa Ota é subordinada por todas as outras. Relativamente à hipótese 5, o resultado é bastante semelhante às hipóteses anteriores, mas nesta

hipótese há mais uma relação de subordinação no grafo, uma vez que, para além das relações de subordinação anteriormente referidas, a alternativa CTA subordina a alternativa Ota2017.

A figura 39 apresenta o grafo obtido pela aplicação do método ELECTRE, considerando os pesos das hipóteses 2, 3, 4 e 6:

Quadro 82 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3, 4 e 6

	Ota	CTA	Ota2017	CTA2017
Ota				
CTA	↗			
Ota2017	↗			
CTA2017	↗	↗	↗	

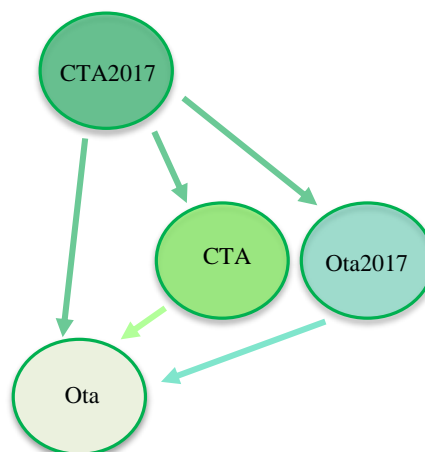


Figura 39 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I nas hipóteses 2, 3, 4 e 6 considerando os valores limiares os índices médios

A figura 40 apresenta o grafo obtido pela aplicação do método ELECTRE, considerando a hipótese 5:

Quadro 83 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 5

	Ota	CTA	Ota2017	CTA2017
Ota				
CTA	↗		↗	
Ota2017	↗			
CTA2017	↗	↗	↗	

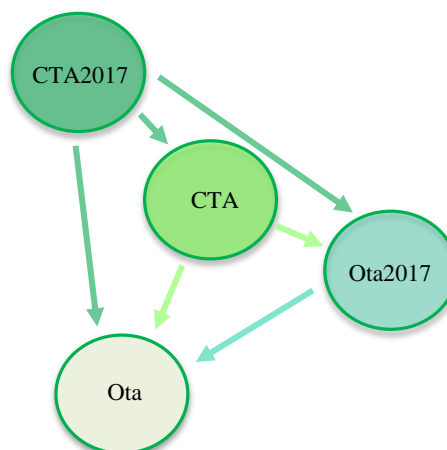


Figura 40 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na hipótese 5 considerando os valores limiares os índices médios

3.3.3.2 ELECTRE I – Aumentando o grau de discriminação por parte do AD

Aumentando o grau de discriminação do AD, como se previa, houve um menor número de relações no grafo. Os resultados obtidos para as hipóteses 2, 3 e 5 demonstram que as alternativas CTA2017 e Ota2017 subordinam, respetivamente, as alternativas CTA e Ota. Contudo nestas hipóteses não é possível definir qual o núcleo do grafo porque não existem relações de subordinação suficientes entre todas as alternativas consideradas.

Relativamente às hipóteses 4 e 6, só existe uma única relação no grafo, a alternativa CTA2017 subordina a alternativa CTA. Como nas hipóteses anteriores, também não é possível definir qual o núcleo do grafo porque também não existem relações de subordinação suficientes entre todas as alternativas consideradas.

A figura 41 apresenta o grafo obtido pela aplicação do método ELECTRE, considerando os pesos das hipóteses 2, 3 e 5:

Quadro 84 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3 e 5

	Ota	CTA	Ota2017	CTA2017
Ota				
CTA				
Ota2017	↗			
CTA2017		↗		

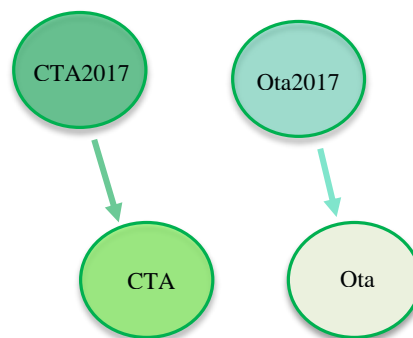


Figura 41 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na nas hipóteses 2, 3 e 5, considerando os valores limiares aumentando o grau de discriminação do AD

A figura 42 apresenta o grafo obtido pela aplicação do método ELECTRE, considerando os pesos das hipóteses 4 e 6:

Quadro 85 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 4 e 6

	Ota	CTA	Ota2017	CTA2017
Ota				
CTA				
Ota2017				
CTA2017		↗		

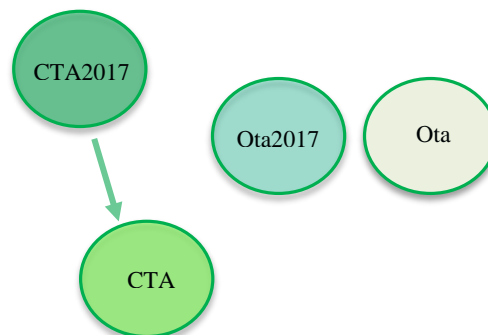


Figura 42 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I nas hipóteses 4 e 6, considerando os valores limiares aumentando o grau de discriminação do AD

3.3.3.3 ELECTRE I – Diminuindo o grau de discriminação por parte do AD

Diminuindo o grau de discriminação do AD, o grafo apresenta um maior número de relações entre alternativas. Os resultados obtidos para todas as hipóteses ensaiadas com este método, demonstram que a alternativa a considerar é a alternativa CTA2017 (núcleo). Analisando mais detalhadamente, a alternativa CTA2017 subordinada todas as outras, a alternativa CTA subordina as alternativas Ota e Ota2017, a alternativa Ota2017 subordina as alternativas CTA e Ota e a alternativa Ota subordina a alternativa Ota2017.

A figura 43 apresenta o grafo obtido pela aplicação do método ELECTRE, considerando os pesos das hipóteses 2, 3, 4, 5 e 6:

Quadro 86 – ELECTRE I: Matriz de prevalência obtida nas hipóteses 2, 3, 4, 5 e 6

	Ota	CTA	Ota2017	CTA2017
Ota			↗	
CTA	↗		↗	
Ota2017	↗	↗		
CTA2017	↗	↗	↗	

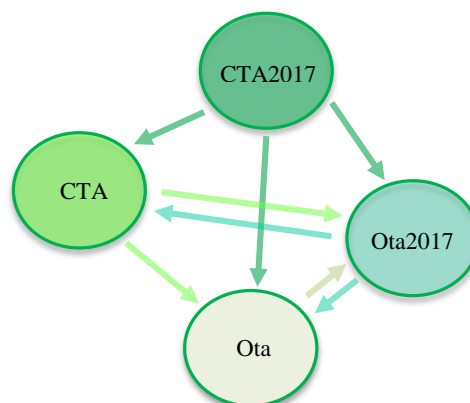


Figura 43 – Resultado obtido pelo método de ELECTRE I na nas hipóteses 2, 3, 4, 5 e 6, considerando os valores limiares diminuindo o grau de discriminação do AD

Capítulo 4 - Conclusões

Capítulo 4 – Conclusões

4.1 Conclusões do trabalho desenvolvido

Pode-se concluir que o recurso a MAD é uma mais-valia na resolução de problemas de decisão com múltiplos critérios, uma vez que neste tipo de problemas sendo muitos e conflituosos os critérios envolvidos (p.ex. ambientais, sociais e económicos, operacionais, entre outros), permite uma melhor sistematização e estruturação dos problemas, disponibiliza ao AD a possibilidade de comparação de cenários e soluções, nomeadamente ao nível da distribuição das suas preferências (pesos) pelos diferentes atributos, permitindo ao AD a tomada de decisões mais claras, coerentes e cientificamente sustentadas.

No cumprimento de um dos objetivos deste estudo utilizando metodologias científicas de apoio à decisão face aos resultados obtidos, confirma-se a conclusão do estudo do LNEC, do ponto vista técnico a localização do NAL na zona do CTA torna-se mais favorável comparativamente com a zona da Ota. Esta conclusão apoia-se essencialmente na constante tendência de melhores classificações da localização do CTA e na maioria das hipóteses de preferência nos três métodos aplicados.

O AD tem, como parece óbvio, um papel central nos processos de decisão, não só definição (e imposição) das suas preferências, como também ao nível do conhecimento das metodologias a aplicar. Uma das grandes dificuldades com que este se poderá deparar (e que esteve presente durante a realização deste trabalho) é, dada a diversidade e complexidade de todos os atributos que podem estar envolvidos (como aconteceu neste caso para a localização de um novo aeroporto), compreender e estabelecer classificações para os vários atributos. De facto, muitos dos atributos são por vezes bastante complexos, técnicos e específicos, sendo, por isso, importante que o AD se concentre essencialmente na análise detalhada e sustentada dos critérios a considerar no processo de decisão e por isso considera-se importante, e uma mais-valia, para o processo de avaliação dos vários atributos do caso de estudo (ou semelhantes), o recurso a um grupo de especialistas para o apoio nas diversas áreas em estudo.

Outra dificuldade sentida neste trabalho foi a atribuição de pesos aos vários atributos de nível 2 e nível 3 (dado o seu elevado número). Assim, parece-nos que a opção encontrada através da hierarquia de atributos e agrupando os atributos em níveis superiores (reduzindo o número efetivo de atributos em análise), permite ultrapassar esta dificuldade e com isso, definir as preferências do AD de forma coerente.

Um aspeto importante da aplicação de MAD foi entender que com as várias hipóteses de pesos atribuídos, é permitido fazer uma apresentação dos resultados aos vários interessados,

interessados esses com pontos de vista e percepções diferentes (donos de obra, investidores, ambientalistas, utilizadores, etc).

A possibilidade de recorrer ao estudo realizado e sustentado pelo LNEC, constituiu uma mais-valia, permitindo identificar o vasto número de atributos que envolve o processo de decisão na construção de um aeroporto e obter as classificações desses atributos para cada alternativa.

Por último, dada essa diversidade e a complexidade dos fatores que influenciam este tipo de problemas (nomeadamente, neste caso de estudo o número de atributos considerados na análise) mostrou-se muito vantajoso o recurso ao web-SAD Matrix. De facto, a utilização de um web-SAD que integra a eficiência e rapidez de processamento dos sistemas de informação com modelos formais de apoio à decisão possibilita uma mais fácil, intuitiva e rápida simulação de cenários e soluções, permitindo ao AD a tomada de decisões mais coerentes e bem fundamentadas.

4.2 Futuros desenvolvimentos

Apesar de se ter considerado atingidos os objetivos propostos, tem-se a noção que, em termos futuros, haverá mais trabalho a desenvolver, passando pelo melhoramento da seleção de atributos, quer pelo melhoramento na atribuição das classificações desses atributos.

Um dos futuros desenvolvimentos deste trabalho passará pelo melhoramento da definição de alguns atributos (por exemplo: oportunidades e riscos), possibilitando uma mais fácil e direta forma de classificar os atributos.

Outra oportunidade de estudo e melhoria será a utilização de métodos que auxiliam no processo de atribuição de pesos.

Poder-se-á também alargar o leque de MAD, para comparar e melhorar o processo de decisão.

Bibliografia

AGHAJANI, M; HADI-VENCHEH. – **A Multiple Attribute Making Model in the Presence of Grey Numbers**. Singapura: International Conference on Advance Management Science, (2011).

AIRPORT WORLD - **Airport Cities: the evolution**. Special Report: Airport Cities, (2013).

ALVES, M. – **Modelação do Processo de Seleção entre Planos Alternativos de Recursos de Transportes**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tese de Mestrado. (2008).

AMORIM, F. – **Portugal e as Repúblicas Mercantis do Renascimento**. Janus, (2000).

ATAG, Air Transport Action Group – **Facts and Figures** [Em linha]. Génova. 2014.[Consult. 19 de Janeiro de 2014] Disponível em WWW:<URL: <http://www.atag.org/facts-and-figures.html>.

AYTAÇ, E.; KUNDACKI, N. – **Fuzzy Electre I Method for Evaluating Catering Firm Alternatives**. EGE Academic Review. (2011).

BLANK, S. – **Building North America: North American Transportation Competitiveness Research Council**. Arizona State University, N° 4, Dezembro, (2007).

BU Physics – **Population history of Chicago from 1840-1990** [Em linha]. Chicago. 2002.[Consult. 19 de Junho de 2013] Disponível em WWW:<URL: <http://physics.bu.edu/~redner/projects/population/cities/chicago.html>.

BUTTON, K. – **The Impacts of Globalisation on International Air Transport Activity: past trends and future perspectives**. Mexico: Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, (2008).

CARDOSO, C; QUELHAS, V. – **Portugalglobal: Pense global pense Portugal**. Aicep Portugal global, (2014).

CEPAL – **Globalization and Development**. General, 15 Abril, (2002).

CHEN, Y.; WHANG, C.; LIN, S. – **A multi-objective geographic information system for route selection of nuclear waste transport**. Institute of Industrial Engineering and Management of Technology, Da-Yeh University, Omega, Volume 36, Issue 3 (2008).

CHOA, C.– **The Rise of airport cities: Christopher Choa.** [Registo video]. Iq2 If Conference, 2011.

COMMUNITIES – **Multi-criteria analysis: a manual.** Londres: Communities and Local Government, (2009).

CRABTREE, T; EDGAR, J; HOANG, T; TOM, R; HART, B.– **World Air Cargo forecast 2012-2013.** USA, Boeing, (2013).

DEMIRTAS, O. – **Evaluating the Best Renewable Energy Technology for Sustainable Energy Planning.** International Journal of Energy Economics and Policy, Vol. 3, Special Issue, (2013).

DIAS, LUÍS C.; **Apontamentos de análise de decisão: como considerar múltiplos critérios.** Coimbra, FEUC, (2002).

EISELT, H; MARIANOV, V. – **Decision Making with Multiple Criteria and Uncertainty.** Singapura: International Conference on Software and Computer Application, IPCSIT vol.9 (2011).

Embaixada da Holanda em Lisboa – **História de Amesterdão e Haia** [Em linha]. Reino dos países baixos [Consult. 15 de Agosto de 2013] Disponível em WWW:<URL: <http://portugal.nlembaixada.org/voce-e-a-holanda/breve-perfil-dos-paises-baixos/historia-de-amesterdao-e-haia.html>.

EROL, I; SENCER, S;ÖZMEN, A; SEARCY, C. – **Fuzzy MCDM framework for locating a nuclear power plant in Turkey.** Energy Policy Volume 67, April 2014, (2014).

FENG, Y; CHUNG-CHU. – **The Optimal Relationship Between Buyer and Seller Obtained Using TOPSIS Method.** Graduate Institute of Management Science, Tamkang University, (2011).

FERRÃO, J. – **Portugal e as novas dinâmicas locais e globais.** Janus, (2012).

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; ROY, B.; SLOWIŃSKI – **An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. 20: 61-85 (2013).

INFOPÉDIA – **Aeroporto da Portela.** [Em linha]. Porto: Porto Editora. [Consult. 20 de Julho de 2013] Disponível em WWW:<URL: [http://www.infopedia.pt/\\$aeroporto-da-portela](http://www.infopedia.pt/$aeroporto-da-portela).

JESUS, E – **Apoio à Decisão em Acções de Regeneração Urbana, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil - Especialização em Construção**, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, (2014).

KASARDA, J. – **Aerotropolis: Business Mobility and Urban Competitiveness in 21st Century**. Heidelberg University Press, (2013).

KASARDA, J. – **Global Airport Cities**. Reino Unido: Insight Media, (2010).

KUMAR, M.; DAS, P. – **Fuzzy-Distance Function Approach for Multiple Criteria Decision Making**. International Journal for Quality research, Vol. 6, nº2 (2012).

LNEC – **Estudo para análise técnica comparada das alternativas de localização do novo aeroporto de Lisboa na zona da OTA e na zona do Campo de Tiro de Alcochete: 2ª fase-avaliação comparada das duas localizações**. Lisboa: I&D Transportes, (2008).

LOW, S. – **Documentário História da Aviação**. [Em linha].[Consult. 22 de Julho de 2013] Disponível em WWW:<URL: <http://www.youtube.com/watch?v=w16cbliJ7OU>.

MAKWANA, A; PITRODA, J.- **An Approach for Ready Mixed Concrete Selection For Construction Companies through Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Technique**. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Vol nº 3, (2013).

MANOKARAN, E; SUBHASHINI, S; SENTHIVEL, S; MURUGANANDHAM, R; RAVICHANDRAN, K. – **Application of Multi Criteria Decision Making Tools and Validation with Optimization Technique-Case Study using TOPSIS, ANN & SAW**. India: IJMBS, Vol. 1, ISSUE 3, Setembro, (2011).

MARQUES, H; LAGES, R; NUNES, S. – **Sistema de transportes e de acessibilidades ibéricas no contexto europeu**. Janus, (2003).

MATEUS, R; FERREIRA, J; CARREIRA, J. – **Multicriteria Decision Analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station**. European Journal of Operational Research, Volume 187, Issue 1, (2008).

MAYAG, B; CAILLOUX, O; MOUSSEAU, V. – **MCDA tools and risks analysis: the decision deck project**. França: Laboratoire de Génie Industriel, (2012).

MENDES, A; THEMIDO, I. – **Multi-outlet retail site location assessment**. Lisboa: International Transactions In Operational Research, (2004).

PANG, J; CHEN, G. – **ELECTRE I Decision Model of Reliability Design Scheme for Computer Numerical Control Machine**. Journal of Software, Vol. 6, nº 5, (2011).

RODRIGUES, J. - **Gestão de Empreendimentos - avaliação e gestão de projectos de engenharia**, Gráfica Ediliber, 2. a Edição, Coimbra, (2012).

RODRIGUES, J., JESUS, E., ALMEIDA, L. & TRALHÃO, L. – **prioritization through "Matrix - Web-based advanced Scientific Decision Support Systems"**, <http://kreation.dec.uc.pt/projects/matrix/?r>, Kreation Team, INESC Coimbra, Portugal, 2013 in any manuscript describing data obtained using Licensed Software.

ROLAND BERGER – **European Capital Cities Tourism**. Viena: Roland Berger Strategy Consultants, (2011).

SANTOS, J. – **Portugal no centro do mundo**. Janus, (2012).

SHANIAN, A; SAVADOGO, O. – **ELECTRE I Decision Support Model for Material Selection of Bipolar Plates for Polymer Electrolyte Fuel Cells Applications**. Journal of New Materials for Electrochemical Systems 9, 191-199, (2006).

STEELE, K; CARMEL, Y; CROSS, J; WILCOX, C. – **Uses and Minuses of Multi-Criteria Analysis (MCDA) in Environmental Decision-Making**. Austrália: Australian Center of Excellence for Risk Analysis, (2008).

VIEIRA, J; ROQUE, S; SILVA, S. – **Lisboa: Economia Criativa**. Câmara Municipal de Lisboa, (2013).

WALL, A. – **Airports in Cities and Regions**. KIT Scientific Publishing, ISBN: 978-3-86644-506-2, (2010).

WANG, Y; ELHAG, T. – **Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assesment**. Manchester: Expert Systems with Applications, (2006).

WIDAYANTI, D.; OKA, S.; ARYA, S. – **Analysis and Implementation Fuzzy Multi-Attribute Decision Making SAW Method for Selection of High Achieving Students in Faculty Level**. International Journal of Computer Science Issues, Vol.10, nº2, (2013).

World Travel Awards – **Europe's Leading City Break Destination 2013**. [Em linha].[Consult. 7 de Setembro de 2013] Disponível em WWW:<[URL:http://www.worldtravelawards.com/award-europes-leading-city-break-destination-2013](http://www.worldtravelawards.com/award-europes-leading-city-break-destination-2013)>.